Sante et Bien-être social Canada
Health and Welfare Canada
Canada

90-DHM-143

Les effets de la liquéfaction du charbon sur la santé:

Éléments d'un programme de surveillance de la santé des travailleurs

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé
1990

Also available in English under the title
"Coal Liquefaction and Health: Elements of a Worker Health Surveillance Program"

Vous pouvez vous procurer ce rapport auprès de la
Direction générale des communications
Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social
5e étage
Immeuble Brooke-Claxton
Ottawa, K1A 0K9

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1990
Cat. H49-51/1990F
ISBN 0-662-96012-2

91-00444/

Ce document a été préparé par:

Dr A.J. de Villiers, pour le compte
du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social

En sa qualité d'experte scientifique pour ce contrat, Mme R. Whittaker, Direction de l'hygiène du milieu, ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, a guidé la rédaction du rapport tout en y participant.

Les conclusions et les recommandations du présent document sont celles de l'auteur et ne sont pas nécessairement sanctionnées par le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social.

Table des matières

		Page
Avant-propos		5
I	**Introduction**	6
1.	Historique	6
2.	Composition du charbon et nature du procédé de liquéfaction	6
3.	Méthodes de liquéfaction du charbon	7
4.	Recherche et développement sur la liquéfaction du charbon au Canada	8
5.	Avenir de la liquéfaction du charbon au Canada	9
II	**Problèmes de santé et de sécurité**	10
1.	Sommaire des principaux dangers	10
2.	Toxicité des produits de liquéfaction du charbon chez les animaux et d'autres organismes	11
3.	Influence des conditions du procédé sur l'activité biologique des liquides dérivés du charbon	11
4.	Effets de la liquéfaction du charbon sur la santé des travailleurs	12
5.	Cas de cancer dans les industries connexes (combustibles fossiles)	12
III	**Surveillance du milieu - hygiène et sécurité industrielles**	14
1.	Rapports sur l'hygiène industrielle provenant des États-Unis	14
1.1	Contrôle de l'hygiène industrielle dans les usines pilotes utilisant le procédé H-Coal	14
1.2	Sondage de la contamination cutanée à l'usine pilote utilisant le procédé H-Coal	14
1.3	Étude sur l'hygiène industrielle: deux usines pilotes de liquéfaction du charbon	14
1.4	Hygiène et sécurité industrielles dans les usines de gazéification du charbon	15
1.5	Gestion du matériel contaminé par des HPA	15
2.	Recherches connexes en hygiène industrielle aux États-Unis	15
3.	Pratiques de sécurité dans les établissements de recherche au Canada	17
4.	Rapports sur la surveillance du milieu: travaux effectués au Canada	18
4.1	Identification des composés organiques aéroportés à la *Sandwelt Beak Research Group Test Facility*	18
4.2	Détermination de l'exposition des travailleurs aux contaminants organiques dans les usines de liquéfaction du charbon de *BC Research* et du CANMET	18
4.3	Études à l'usine de l'*Alberta Research Council* (Nisku)	18
5.	Orientation de la recherche au Canada	19
6.	Directives concernant les mesures de surveillance de l'hygiène industrielle	19
6.1	Directives générales à l'intention des usines canadiennes	19
6.2	Références utiles concernant les combustibles synthétiques	19
IV	**Surveillance de la santé - aspects médicaux**	21
1.	Considérations générales	21
2.	Méthodes de surveillance médicale aux États-Unis et dans d'autres pays	21
3.	Pratiques actuelles de surveillance médicale dans les usines canadiennes	21
4.	Éléments d'un programme de surveillance médicale pour les travailleurs canadiens	22
4.1	Antécédents de travail, personnels et familiaux	22
4.2	Examens médicaux de routine	22
4.3	Évaluations provisoires de la santé	22
4.4	Les interventions spéciales: critères de leur utilisation et de leur fréquence	22
5.	Préparation aux situations d'urgence	23
6.	Formation et participation des travailleurs au maintien de la santé	24
7.	Recherches à l'appui de la surveillance médicale	24
V.	**Mise sur pied d'un système de dossiers pour la surveillance de la santé**	25
1.	Introduction	25
2.	Types de données à recueillir	25
2.1	Identité de l'employé	25
2.2	Antécédents de travail complets	26
2.3	Fiche de santé	26
2.4	Profil d'exposition personnelle	27
2.5	Information connexe	27

3. Transmission des données à un système d'enregistrement des travailleurs 27
4. Entreposage de l'information 28
5. Normes et codes 28
6. Caractère confidentiel de l'information 30
7. Nécessité de dispositions quant au suivi 30
8. Publication potentielle des rapports 30

VI Conclusions 31

VII Recommandations 32

Références bibliographiques 33

Annexe A Directives concernant les mesures de contrôle de l'hygiène et la surveillance de l'exposition dans les usines de liquéfaction du charbon 41

Annexe B Liste des renseignements requis aux fins de la surveillance de la santé 44

Annexe C Problèmes de santé - Codes pour la classification des symptômes, des maladies et certains problèmes de santé 48

Liste des figures

Figure 1. Méthodes principales de liquéfaction du charbon 54
Figure 2. Schéma de fonctionnement simplifié du procédé de pyrolyse flash CSIRO 55
Figure 3. Étapes du procédé de gazéification du charbon 56
Figure 4. Unité de liquéfaction du charbon à écoulement continu du CANMET 57
Figure 5. Surveillance de la santé - Travailleurs de la liquéfaction du charbon - Antécédents de travail 58
Figure 6. Surveillance de la santé - Travailleurs de la liquéfaction du charbon - Antécédents familiaux 59
Figure 7. Liste de certains risques particuliers 60
Figure 8. Résumé des données à obtenir pour déterminer l'état de santé 62
Figure 9. Aperçu des modifications liées à l'état de santé - Rapport annuel 63
Figure 10. Profil de l'état de santé - Mise à jour annuelle 64
Figure 11. Modules d'information et fichiers 65

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des produits obtenus par gazéification Lurgi, Koppers-Totzek et Texaco couplée à divers procédés de synthèse 66
Tableau 2. Dangers présents à diverses étapes du procédé de liquéfaction du charbon 67
Tableau 3. Aperçu des effets sur le milieu des catégories d'effluents organiques résultant de la conversion du charbon 67
Tableau 4. Aperçu des données de toxicité associées aux produits de la liquéfaction du charbon 68
Tableau 5. Propriétés cancérigènes de certains HPA et dose oncogène minimale efficace (dose seuil) 73
Tableau 6. Substances chimiques dans les cycles de procédés, les effets sur les organes cibles et les observations médicales 74
Tableau 7. Données épidémiologiques reliant les combustibles fossiles et le cancer 76
Tableau 8. Cas de cancer et mesures des HPA dans certaines industries 77
Tableau 9. Exposition des travailleurs aux polluants aéroportés dans deux usines pilotes de liquéfaction du charbon 78
Tableau 10. Contrôles pouvant être exigés dans une industrie de fabrication de combustibles synthétiques 80
Tableau 11. Résumé des résultats qualitatifs par GC/SM des échantillons d'air prélevés à l'usine de liquéfaction du charbon de la SBRG - Pourcentage du chromatogramme total 81
Tableau 12. Résultats de l'échantillonnage à *BC Research* 82
Tableau 13. Résultats de l'échantillonnage au *CANMET* 83
Tableau 14. Composition des gros échantillons 84
Tableau 15. Composition chimique des PLC (154-378°C) 85
Tableau 16. Comparaison des programmes d'hygiène industrielle pour les usines pilotes de liquéfaction du charbon 86
Tableau 17. Détection de certaines substances chimiques dans les liquides de l'organisme et valeurs biologiques 87
Tableau 18. Fréquence proposée pour les examens médicaux et les interventions spéciales qui s'adressent à des travailleurs en bonne santé 88
Tableau 19. Renseignements sur l'identité des employés disponibles dans les établissements de liquéfaction du charbon comparés avec les renseignements que l'on peut obtenir d'autres sources 89
Tableau 20. Nombre de colonnes affectées aux données d'identification 90

Avant-propos

La montée vertigineuse des coûts des combustibles liquides au cours des années 70 et les préoccupations liées à la diminution des réserves conventionnelles de pétrole se sont accompagnées d'un intérêt accru partout dans le monde pour les sources de combustibles de substitution et, en particulier, dans la recherche de meilleurs procédés pour transformer les combustibles non conventionnels en nouveaux combustibles liquides ou pour en fabriquer des synthétiques. Au Canada, cet intérêt s'est traduit par une volonté d'atteindre l'autosuffisance par la mise au point de techniques de conversion qui pourraient s'appliquer aux réserves très importantes d'huiles lourdes, de sables asphaltiques et de charbon encore inexploitées. Le gouvernement et l'industrie ont appuyé activement la recherche et le développement dans ce domaine.

Dans le cadre du programme fédéral de recherche et de développement en matière d'énergie, le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social participe à une étude des effets possibles des nouveaux combustibles synthétiques sur la santé. Cette étude a porté, entre autres, sur les effets possibles sur la santé des procédés de liquéfaction du charbon et sur l'élaboration de directives et de méthodes pour protéger le personnel qui travaille dans les établissements canadiens où l'on effectue des travaux de recherche et de développement sur la liquéfaction du charbon. Deux rapports ont été préparés et soumis par le Comité de révision. Le présent rapport est une version intégrée des deux rapports précédents.

Le chapitre I traite brièvement de la liquéfaction du charbon et de la recherche dans ce domaine au Canada et ailleurs. Le chapitre II précise les préoccupations actuelles en matière de sécurité et d'hygiène et le chapitre III mentionne les mesures de surveillance de l'hygiène dans le milieu et l'industrie. Le chapitre IV traite des aspects médicaux de la surveillance de la santé et le chapitre V, de l'établissement d'un système d'enregistrement et d'un registre des travailleurs sur la liquéfaction du charbon.

Le système de surveillance de la santé qui est proposé a été conçu spécialement pour protéger la santé des travailleurs de la liquéfaction du charbon. Il pourrait toutefois s'appliquer également à d'autres parties de l'industrie des nouveaux combustibles synthétiques.

I Introduction

1. Historique

On a commencé à s'intéresser aux liquides dérivés du charbon, en fait les sous-produits de la cokéfaction, en Angleterre et en Allemagne[1,2] au début du 19e siècle. Toutefois, il a fallu attendre jusqu'en 1920 pour que des procédés de la liquéfaction du charbon connaissent une application industrielle.

Plusieurs procédés ont été élaborés en Allemagne. Le procédé Winkler a été introduit en 1926 dans une usine de Leuna pour la gazéification du lignite. Il s'agit de la première utilisation industrielle de la technologie de la fluidisation, qui s'est répandue par la suite dans l'industrie pétrolière. Une autre approche pour "transformer le charbon en pétrole", le procédé Bergius, qui a vu le jour en 1913[3] faisait appel à l'hydrogénation du charbon à température et pression élevées. Ce procédé a été exploité à fond au cours des années 30 et a connu un très grand succès dans la transformation des charbons bitumineux. Au cours de la Deuxième Guerre mondiale, plus de quatre-vingt-cinq pour cent (85%) des carburants pour moteurs et avions utilisés en Allemagne provenaient de la transformation du charbon. Toutefois, les usines ont été fermées à la fin de la guerre et les seules usines qui sont encore exploitées sont en Allemagne de l'Est.

Après la guerre, les procédés de transformation du charbon en essence et en combustible pour moteurs diesel n'étaient plus rentables en général à cause des grandes quantités de pétrole brut bon marché. Avant 1970, les seules exploitations industrielles de ce genre étaient situées en Afrique du Sud.

Il a fallu attendre la crise du pétrole dans les années 70 pour que de nouvelles usines pilotes soient construites en Allemagne. De plus grandes usines à l'échelle industrielle ont également été conçues mais n'ont pas encore été construites[4,5].

Aux États-Unis, une usine de démonstration a été érigée à Louisiana (Missouri) à la fin de la guerre grâce à de l'équipement provenant d'Allemagne[3] et, en 1952, la première usine d'hydrogénation à être exploitée sur une grande échelle est entrée en service à Institute, Virginie de l'Ouest; elle produisait des produits chimiques dérivés du charbon (elle a été fermée en 1959)[6]. D'autres usines ont été construites: l'usine à Fort Lewis, Washington qui utilisait le procédé *Solvent Refined Coal (SRC)* (procédé de raffinage du charbon par solvant), l'usine pilote à Catlettsburg, Kentucky qui utilise le procédé *Hydrocarbon Research (H-Coal)* (procédé de recherche sur les hydrocarbures) et l'usine pilote à Baytown, Texas qui utilise le procédé *Exxon Donor Solvent (EDS)* (procédé de solvant donneur de la société Exxon)[6,7].

Les activités de recherche, moussées par la crise du pétrole, ont atteint un sommet au cours des années 70 et la construction d'usines à l'échelle industrielle était envisagée pour la fin des années 80. Les prix concurrentiels du pétrole brut à l'heure actuelle retardent l'application de ce projet. Des usines pilotes ont même dû fermé leurs portes. Certaines techniques de transformation du charbon (gazéification) ont néanmoins été adaptées à la production d'énergie à un niveau institutionnel ou industriel local[8,9,10].

Les recherches sur la liquéfaction du charbon ont également reçu la priorité dans d'autres pays comme l'Australie et le Japon. Au Japon, la construction d'un complexe industriel a été proposée pour le début de 1990.

Au Canada, les techniques de conversion du charbon ont d'abord fait l'objet de recherches en Alberta au cours des années 30 et les résultats de ces recherches sur l'hydrogénation du charbon de l'Alberta ont fait l'objet de rapports[11]. Ce n'est toutefois qu'à la fin des années 70 que la recherche et le développement sur la liquéfaction du charbon ont pris de l'ampleur.

2. Composition du charbon et nature du procédé de liquéfaction

La structure chimique du charbon est complexe. Il s'agit d'un mélange hétérogène de matières inorganiques et de matières organiques à faible teneur en eau[7]. La partie organique est composée en grande partie de noyaux aromatiques polycycliques réunis entre eux par des liens carbone et par des hétéroatomes. Le charbon renferme, outre du carbone et de l'hydrogène, des quantités importantes d'oxygène, d'azote et de soufre de même que des métaux réunis par des liens covalents. La partie inorganique du charbon (cendres), renferme pratiquement tous les éléments du tableau périodique à l'état de traces[12].

La structure, la composition et l'âge du charbon varient d'une région à l'autre et peuvent intervenir dans le choix du procédé de liquéfaction; ils ont également un effet sur la composition des produits obtenus.

La liquéfaction du charbon a pour objectif principal de produire des hydrocarbures liquides ayant un rapport hydrogène/carbone plus élevé que le charbon de départ et en même temps des teneurs réduites en soufre, en azote et en oxygène, en éliminant les matières minérales et en réduisant au minimum la production de gaz[13].

La liquéfaction du charbon se produit à des températures et des pressions élevées et la durée d'exposition dans le réacteur (temps de transit) varie. Les liens qui relient les cycles aromatiques se brisent pour produire des molécules plus

petites. Le bris des liens est accéléré par la présence d'hydrogène ou d'un solvant donneur d'hydrogène. Les hétéroatomes, l'azote, le soufre et l'oxygène, réagissent pour former de l'ammoniaque, du sulfure d'hydrogène, de l'oxyde de carbone, du dioxyde de carbone et de l'eau. De nombreux autres composés sont formés au cours des divers stades du procédé. Les hydrocarbures polycycliques aromatiques* constituent une des principales classes de composés formés.

Les matières premières utilisées dans le procédé peuvent varier. Outre le charbon, on retrouve des solvants de départ (tétraline, huile anthracénique, solvant donneur) et des catalyseurs d'hydrotraitement. Toute une gamme de produits finals, comprenant des gaz de pétrole liquéfié et des distillats légers, sont obtenus dans des proportions qui varient selon le procédé utilisé[2]. Des produits pétroliers plus lourds, du goudron et les produits de carbonisation qui sont également obtenus peuvent être transformés, après liquéfaction ou hydrotraitement, en distillats plus légers ou en les nouveaux combustibles liquides prévus.

3. Méthodes de liquéfaction du charbon

Il existe deux méthodes fondamentales de liquéfaction du charbon[13]: la voie par dégradation et la voie synthétique. La voie par dégradation consiste en une décomposition partielle de la structure complexe du charbon en molécules plus simples (liquéfaction directe). Cette voie se divise en deux: des procédés qui ajoutent de l'hydrogène (hydroliquéfaction directe) et des procédés qui enlèvent du carbone (pyrolyse). Dans la voie synthétique, la destruction complète de la structure du charbon produit un gaz synthétique (constitué principalement d'un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène) qui, dans une deuxième étape, est transformé au moyen d'un catalyseur en hydrocarbures liquides (liquéfaction indirecte). La Figure 1 présente un aperçu de la liquéfaction du charbon.

Les procédés de liquéfaction directe peuvent être catalytiques ou non catalytiques (procédés d'extraction par solvant). Le procédé de raffinage du charbon par solvant (SRC I) est un exemple de procédé non catalytique[14,15]. On met dans une cuve de mélange du charbon qui est en poudre et en suspension dans un solvant dérivé du procédé. La bouillie ainsi obtenue est additionnée d'hydrogène et pompée à travers un préchauffeur, un réacteur et un filtre. Ce procédé donne du charbon raffiné par solvant comme produit principal. Le procédé SRC-II, le procédé *Exxon Donor-Solvent (EDS)* et le procédé *Consol Synthetic Fuel (CSF)* sont d'autres procédés non catalytiques. On utilise de l'hydrogène dans les procédés SRC et EDS mais non dans le procédé CSF. Ces procédés donnent des produits qui sont tous en majeure partie de nature aromatique. La fraction de naphta peut être utilisée comme précurseur de l'essence.

Le procédé H-Coal est un exemple de liquéfaction catalytique qui produit des combustibles pour chaudière et du pétrole brut de synthèse à partir de charbon à teneur élevée en soufre dans un réacteur catalytique à lit bouillonnant[15]. Du charbon, mis en suspension dans une huile recyclée dérivée du charbon, réagit à 412-468°C (800-900°F) sous une pression de 20 MPa (3 000 psi) en présence d'un catalyseur cobalt-molybdène. Le mode fuel-oil est conçu pour produire un combustible liquide ayant une teneur en soufre inférieure à 0,7% par rapport au poids du charbon de départ qui en renferme plus de 3%. Le mode brut de synthèse est conçu pour produire un produit léger à faible teneur en soufre. Les produits sont en grande partie de nature aromatique.

Le procédé *Char-Oil Energy Development (COED)*[15] est un exemple de procédé par pyrolyse dans lequel le charbon est chauffé à des températures de plus en plus élevées dans un système à lit fluidisé à quatre étages pour produire de l'huile, des gaz et des produits de carbonisation. L'huile est traitée dans un réacteur à lit fixe contenant un catalyseur nickel-molybdène pour éliminer le soufre, l'azote et l'oxygène. Le gaz est composé de substances riches en hydrogène comme le méthane et l'éthane. Les produits de carbonisation peuvent être utilisés comme sources d'énergie (comme dans l'exemple présenté dans la Figure 2) et le goudron formé peut être hydrotraité pour produire un brut de synthèse.

La voie de liquéfaction indirecte (synthèse) donne de bons résultats dans les procédés de liquéfaction industrielle du charbon. On produit un gaz de synthèse en brûlant du charbon en présence de vapeur et d'oxygène dans un gazéifieur (par exemple, procédé Lurgi)[15]. Après avoir été traité dans des épurateurs de gaz pour éliminer les impuretés, le sulfure d'hydrogène, le goudron et l'ammoniaque, le gaz de synthèse est transformé (Figure 3) en un produit liquide dans des réacteurs catalytiques renfermant des catalyseurs de fer et de cobalt à température et pression élevées (procédé Fisher-Tropsch). Ce procédé produit surtout des hydrocarbures aliphatiques (à chaîne droite) et oléfiniques (insaturés) qui peuvent servir de précurseurs dans la production des combustibles diesel et de l'essence (Tableau 1).

Outre le gazéifieur à lit fixe Lurgi, divers gazéifieurs font l'objet de recherches. Il s'agit du gazéifieur à lit entraîné Koppers-Totzek et du gazéifieur à lit fluidisé Winkler. L'Université du Minnesota à Duluth (UMD) utilise le gazéifieur atmosphérique à lit agité sous pression METC et le procédé Hygas, un gazéifieur à lit entraîné et fluidisé à plusieurs étages[16]. Le goudron est un des principaux produits de l'étape de gazéification du procédé Lurgi (Tableau 1) car il constitue de 15 à 20% des produits totaux et il est également produit dans le gazéifieur UMD. Le réacteur Koppers-Totzek produit peu ou pas de goudron.

*On utilise souvent indifféremment les termes "hydrocarbures polycycliques aromatiques" et "hydrocarbures polynucléaires aromatiques" mais à strictement parler, les premiers sont une classe particulière d'hydrocarbures polynucléaires aromatiques (HPA) qui ne renferment que du carbone et de l'hydrogène. Les hydrocarbures polynucléaires aromatiques peuvent également comprendre des composés hétérocycles renfermant de l'oxygène, de l'azote, du soufre et d'autres éléments ainsi que des hydrocarbures polycycliques aromatiques substitués.

4. Recherche et développement sur la liquéfaction du charbon au Canada

Les activités de liquéfaction du charbon au Canada se limitent à l'heure actuelle à des projets de recherche et développement en laboratoire sur une petite ou grande échelle à l'aide d'un certain nombre d'unités de mise en oeuvre de procédés situées dans des établissements de recherche gouvernementaux, industriels et universitaires tels le CANMET à Ottawa (Ontario), le *Alberta Research Council* à Nisku (Alberta), le *Sandwell Beak Research Group* à Mississauga (Ontario), *BC Research* à Vancouver (Colombie-Britannique), la *Nova Scotia Research Foundation Corporation* à Dartmouth (Nouvelle-Écosse) et la Fondation de recherches de l'Ontario à Mississauga (Ontario).

Le programme du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) a débuté en 1976[13] au sein de la Direction des sciences et de la technologie du département fédéral de l'Énergie, Mines et Ressources. Une partie du programme de recherche est effectué au sein du gouvernement et l'autre a été confiée à contrat. Le programme interne est à l'origine de la première unité de laboratoire d'hydroliquéfaction directe à écoulement continu au Canada. Une deuxième unité est également exploitée. Le programme de recherche visait en priorité le cotraitement du goudron bitumineux et du charbon. D'autres objectifs ont trait à l'étude du processus de liquéfaction de différents charbons canadiens.

Les unités d'hydroliquéfaction continue (Figure 4) fonctionnent à des vitesses d'alimentation de la bouillie de charbon pouvant atteindre 1 Kg/h et comportent deux sources d'alimentation en gaz pour simuler des mélanges de gaz de synthèse. La température de traitement maximale est 500°C et la pression maximale utilisée est 34 MPa[13].

Le produit liquide est recueilli sous pression élevée dans des récipients de recette situés au niveau du plancher dans une chambre aérée. Les gaz de récupération sont condensés et épurés pour éliminer le sulfure d'hydrogène avant d'être relâché dans l'atmosphère.

Les produits liquides sont classifiés comme les distillats moyens et l'huile résiduelle. Les gaz de récupération renferment des hydrocarbures chlorés en C_4, des oxydes d'azote, de l'ammoniaque et du sulfure d'hydrogène. Des échantillons de produits et de gaz de récupération sont prélevés à intervalles réguliers dans des récipients d'échantillonnage sous pression puis sont transvasés dans des bouteilles de prélèvement de laboratoire ou dans des ballons à gaz sous une hotte d'un laboratoire. Les échantillons de produits sont conservés dans un réfrigérateur.

Le programme du *Alberta Research Council* à Nisku (Alberta) a été instauré en 1979 et une gamme variée d'expériences sont en cours sur les charbons albertains. Différentes voies de liquéfaction sont à l'étude, dont la pyrolyse, le cotraitement du charbon et du bitume et un procédé d'hydroliquéfaction à deux étages qui utilise de l'oxyde de carbone et de la vapeur dans le premier et de l'hydrogène dans le second. Dans ce procédé, on utilise de l'huile anthracénique comme amorce; la bouillie de charbon est alimentée à raison de 2 kilos/h et réagit à 470°C et à 20,7 MPa (3 000 psi). La bouillie est soutirée une fois par jour dans un fût en acier et transvasée dans une centrifugeuse pour la séparation des produits liquides et solides et pour les analyses ultérieures.

Le procédé à deux étages comporte plusieurs avantages dont la possibilité d'augmenter le rendement[17], d'éviter les problèmes de carbonisation[18] ainsi que les problèmes associés à la qualité variable du charbon[18]; il convient également au cotraitement du charbon et du bitume[19,20] et n'est pas affecté par la teneur en soufre.

Le programme de *BC Research* à Vancouver (Colombie-Britannique) repose sur l'utilisation d'une unité à écoulement continu construite en 1979. Elle est entrée en service en 1981 avec les recherches sur le charbon de Hat Creek (C.-B.), à l'aide d'huile anthracénique et d'un catalyseur de molybdène à 440°C et 17,2 MPa (2 500 psi). La vitesse d'alimentation est de 1,5 L/h. Le produit est constitué d'environ 60% de distillat et 40% de gaz. Il y a peu de cendres (environ 3%).

Le *Sandwell Beak Research Group* à Mississauga (Ontario) a également conçu et construit ses installations en 1979. Un premier essai a été effectué en 1981 avec l'étude des lignites de l'Ouest et des charbons de qualité pauvres d'Alberta. Le solvant de démarrage est le produit liquide. Les conditions normales de pression sont 20-24 MPa et la température maximale est 475°C. On utilise soit un gaz de synthèse ou de l'hydrogène comme gaz réactif, avec remise en recirculation du gaz après purification. Le produit (fractions légères, intermédiaires et lourdes) est recueilli à des intervales de 30 à 45 minutes.

La *Nova Scotia Research Foundation Corporation* à Dartmouth (Nouvelle-Écosse) a commencé à étudier le procédé de liquéfaction direct du charbon de Nouvelle-Écosse en 1977 en utilisant un matériel de traitement en discontinu. Les premières expériences faisaient appel à un procédé de liquéfaction thermique de faible sévérité, dans lequel une étape d'hydrogénation sous faible pression est suivie d'une étape de carbonisation différée[21]. En 1982, une unité de liquéfaction du charbon en continu a été mise en service et des procédés plus conventionnels d'hydrogénation catalytique sous pression élevée sont à l'étude[22,23]. L'unité est conçue pour fonctionner à +28 MPa et pour traiter jusqu'à 3,0 kg de bouillie huileuse de charbon dans l'huile à l'heure. De l'huile anthracénique est utilisée comme solvant de démarrage.

La Fondation de recherches de l'Ontario, sous contrat avec CANMET, a utilisé une unité de recherche en hydropyrolyse conçue pour être alimentée en charbon jusqu'à 1 kg/h et en hydrogène jusqu'à 5 kg/h à des températures pouvant atteintre 900C (1 652F) et à des pressions jusqu'à 17,2 MPa (2 500 psi)[24].

Des unités de mise au point de procédé sont également situées dans les universités de Colombie-Britannique et de Victoria (C.-B.) et des recherches s'effectuent également à l'Université de Sherbrooke (Québec) et à l'Université de l'Alberta à Edmonton (Alberta). La *Saskatchewan Power Corporation*, la *Saskatchewan Oil and Gas Corporation* et CANMET ont également déjà subventionné des recherches sur

la liquéfaction du charbon. Mais les priorités ne sont plus les mêmes et il ne se fait plus maintenant aucun travail de recherche.

On effectue actuellement dans le secteur privé en Nouvelle-Écosse des recherches préparatoires à la mise au point et à la construction d'une usine pilote utilisant le procédé d'hydroliquéfaction. La construction d'une usine pilote en Alberta a également été envisagée.

On estime à environ trois cents personnes le nombre de ceux qui travaillent ou ont travaillé directement ou indirectement dans des établissements de liquéfaction du charbon du Canada. Les emplois indirects comprennent les gens qui travaillent dans les laboratoires d'analyse, ceux qui assurent l'entretien et qui travaillent également à d'autres projets, les employés à contrat et le personnel affecté au nettoyage.

5. Avenir de la liquéfaction du charbon au Canada

"La liquéfaction du charbon ne peut pas être considérée comme nécessaire au Canada dans l'immédiat mais il y a plusieurs domaines dans lesquels la recherche et le développement semblent prometteurs. Il s'agit du cotraitement avec des huiles lourdes, les bitumes et les résidus; la liquéfaction sur les lieux d'importants gisements de charbon pauvre de faible prix de revient et la mise au point de nouvelles techniques qui pourraient se révéler économiques dans le cas de certains gisements de charbon comme ceux de la Nouvelle-Écosse ou de l'Ouest qui sont situés à proximité d'une source de gaz naturel pour le procédé d'hydroforming et dont le rendement en liquide est élevé". (Traduction)[25]

Le procédé considéré comme le plus susceptible d'être mis au point à l'échelle industrielle est une version du procédé d'hydrocraquage du CANMET[26] qui est utilisé pour valoriser les huiles lourdes. Ce procédé, c'est-à-dire le cotraitement du charbon (10% ou plus) et des huiles lourdes, a donné de bons résultats lors d'essais réalisés par le CANMET. On a également prévu d'autres essais à la raffinerie de Petro-Canada à Montréal (Québec). La présence de réserves de charbon à proximité de sources de gaz naturel et de gisements d'huiles lourdes et de sables bitumineux en Alberta pourrait entraîner l'application des techniques de cotraitement dans cette province. Dans le cas des charbons dont la teneur en cendres et en eau est élevée, on peut préférer une voie de liquéfaction synthétique ou indirecte.

Divers facteurs socio-économiques pourraient favoriser bientôt la mise sur pied d'une usine pilote d'hydroliquéfaction en Nouvelle-Écosse.

II Problèmes de santé et de sécurité

1. Sommaire des principaux dangers

Le procédé de liquéfaction du charbon s'effectue en grande partie en circuit fermé et le risque d'exposition à des contaminants nuisibles (matières premières, émissions gazeuses) devrait, dans les meilleures conditions, se limiter aux opérations telle la préparation des ingrédients de base, le pré-traitement, le chargement, la mise hors service, le prélèvement, les opérations d'entretien, l'enlèvement du produit, les analyses de laboratoire et le traitement des déchets. Toutefois, les conditions de température et de pression élevée dans lesquelles le charbon est liquéfié ainsi que les propriétés corrosives de la matière première, augmentent les risques de fragilisation du matériel et l'échappement des gaz, vapeurs et liquides (émissions fugitives) au niveau des vannes, des joints et d'autres constituants. Par conséquent, outre les risques comme les brûlures thermiques, les incendies et les explosions, il y a également le risque d'exposition à un grand nombre de produits chimiques hautement toxiques présents dans le cycle du procédé de liquéfaction du charbon. Le Tableau 2 résume certains des dangers de la liquéfaction du charbon selon l'étape du procédé et le type de danger.

Les gaz toxiques qui sont les plus susceptibles de présenter de graves dangers sont le sulfure d'hydrogène, d'autres produits gazeux organiques à base de soufre comme le sulfure de carbone, le cyanure d'hydrogène et l'oxyde de carbone. Il peut également y avoir production d'ammoniaque et de dioxyde de soufre et les espaces restreints peuvent avoir une atmosphère pauvre en oxygène. Les vapeurs et liquides renfermant des composés à base de phénol et de crésol sont extrêmement irritants et peuvent constituer jusqu'à 30% de certains cycles[27]. Les gaz et les vapeurs toxiques ne sont pas habituellement présents à des concentrations dépassant les valeurs limites d'exposition dans le milieu de travail mais ils peuvent devenir extrêmement dangereux et même mortels en cas de panne ou d'accident. Toutefois, il est bon de préciser qu'il n'existe pas des valeurs limites d'exposition pour tous les composés qui peuvent se retrouver dans le milieu de travail.

Les poussières renfermant du charbon et de la silice peuvent présenter un danger au cours de la préparation du charbon et de la bouillie de charbon. Les particules de charbon ne renferment généralement que des traces de silice mais on peut ajouter de la "silice libre" dans certains procédés (par exemple, le procédé Hygas)[28] pour diminuer la tendance à l'encrassement que présente le charbon. Au cours des opérations d'entretien, les travailleurs peuvent également être exposés à des poussières de catalyseur renfermant du nickel, du cobalt et d'autres métaux toxiques.

Des éléments tels que As, Pb, Cd, Ni, Be, Hg et Se sont volatilisés dans les conditions du procédé de liquéfaction du charbon et peuvent former divers composés organométalliques. Les complexes métal-carbonyles dont le nickel-carbonyle, le fer-pentacarbonyle et le cobalt-hydrocarbonyle sont formés en présence d'oxyde de carbone et peuvent être libérés dans le milieu de travail par les réacteurs catalytiques au cours des opérations de mise en marche et d'interruption. D'autres composés métalliques, comme le béryllium et l'arsenic, peuvent être présents dans les émissions fugitives ou les fuites de gaz[14] ou peuvent être liés à des composés organiques dans les liquides de recyclage et les sous-produits finals, les cendres, le goudron et les produits de carbonisation, où la plupart des éléments traces sont susceptibles de demeurer[28]. Ces éléments traces présentent des problèmes car ils peuvent avoir des propriétés toxiques et cancérigènes mais leur concentration dans le milieu de travail devrait être faible.

Sur le plan de la santé du travail, les hydrocarbures aromatiques appartiennent au groupe de substances les plus importantes auxquelles les travailleurs sont exposés. Les plus importants composés dans ce groupe sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA). Nombre de ces composés, réputés avoir des propriétés cancérigènes, ont été identifiés dans l'air, les cycles de procédé et les échantillons du produit prélevées pendant les opérations de liquéfaction du charbon. Lorsque ces composés sont dégagés sous forme d'émissions fugitives ou de gaz, ils peuvent se fixer sur des particules ou être produits sous forme de particules qui se déposent ensuite dans le milieu de travail et contaminent l'équipement[29].

Les amines aromatiques (APA) et divers composés aromatiques contenant des hétéroatomes font également partie des produits aromatiques que l'on retrouve dans le cycle, les émissions et les produits du procédé. Certaines amines aromatiques sont réputées cancérigènes et, à l'instar d'autres composés aromatiques azotés, suscitent de plus en plus d'inquiétudes à cause de leurs propriétés mutagènes.

L'exposition à ces substances dans le milieu de travail se fait principalement par contact cutané et par inhalation. Les personnes considérées comme particulièrement à risque sont celles qui sont responsables du chargement au début de la production, du prélèvement des échantillons, de l'enlèvement du produit et de l'entretien. Les travailleurs appartenant à des agences contractantes peuvent être fortement exposés et moins au courant des dangers possibles.

2. Toxicité des produits de liquéfaction du charbon chez les animaux et d'autres organismes

La toxicité des substances chimiques présentes dans les cycles de procédé, les produits et les sous-produits a fait l'objet de recherches poussées ces dernières années, notamment aux États-Unis, et de nombreux rapports scientifiques intéressants ont été publiés. Dans cet exposé, nous ne donnons qu'un bref aperçu de la toxicité des composés associés à la liquéfaction du charbon.

Le Tableau 3 présente les éléments de toxicité aiguë et chronique de certaines classes de produits associés à la conversion du charbon. La toxicité varie énormément d'une classe à l'autre de même que les effets aigus (à court terme) et chroniques (à long terme). Les fractions à point d'ébullition moyen et élevé des produits de la liquéfaction du charbon peuvent produire des modifications biochimiques et hématologiques chez les rats[99]. Le Tableau 4 présente un aperçu de certaines données toxicologiques selon le type de procédé de liquéfaction du charbon. En général, la toxicité des produits de la liquéfaction indirecte est plus faible que celle des produits de la liquéfaction directe[16].

Ces catégories de produits présentent divers degrés de dermatotoxicité. On a signalé que les HPA produisent de l'érythème cutané et des effets phototoxiques[120]. Une irritation oculaire d'intensité moyenne est courante. La neurotoxicité des solvants tirés du pétrole, soupçonnée à partir d'observations chez l'homme, a été confirmée chez les animaux de laboratoire[30]. Les fractions à point d'ébullition élevé peuvent être embryotoxiques[31,32].

Les études sur l'activité biologique ont indiqué divers degrés de mutagénicité *in vitro* pour tous les produits et les fractions de produits de la conversion du charbon. Les mutagènes polycycliques aromatiques alcalins (APA et les aza-arènes) de même que les mutagènes polycycliques aromatiques neutres substitués par des groupements polaires semblent être uniques aux produits liquides du charbon et sont parfois la cause d'une activité mutagène exceptionnellement élevée, une activité qui peut varier entre 10 et 100 fois celle observée pour les pétroles naturels. Dans le cas des échantillons de pétrole naturel, la mutagénicité est due uniquement aux constituants neutres[33]. Les résultats des essais biologiques *in vitro* indiquent la tendance générale suivante pour l'activité mutagène des produits des procédés suivants: H-Coal (mode fuel-oil) H-Coal (mode brut de synthèse) SRC II COED schiste argileux pétrole naturel[33].

Les produits finals ainsi que les substances présentes dans les cycles de procédé, surtout celles dont le point d'ébullition est moyen ou élevé[34,35], sont cancérigènes pour les animaux. Dans ces cas, l'activité cancérigène était généralement attribuée à la présence de certains HPA réputés cancérigènes[64,121]. Le Tableau 5 présente le pouvoir cancérigène de certains de ces composés. En outre, on peut s'attendre à des effets cocancérigènes, comme on l'a montré dans le cas de l'exposition à certains phénols[36].

Le benzo(a)pyrène (BaP), le premier HPA à avoir été isolé et testé, s'est révélé un agent cancérigène puissant et peut également, à dose élevée, avoir un effet sur le système reproducteur chez les animaux. Certains autres HPA produisent des tumeurs chez les petits des animaux traités au cours de leur grossesse[61,62]. Certains agents cancérigènes sont également des agents tératogènes[63]. En général, les produits du procédé Fischer-Tropsch se sont révélés moins cancérigènes que les produits du procédé Bergius (hydrogénation catalytique)[15].

3. Influence des conditions du procédé sur l'activité biologique des liquides dérivés du charbon

Les différentes activités biologiques des différents liquides dérivés du charbon varient en fonction de la présence de divers composés et de leurs concentrations qui dépendent à leur tour de la qualité du charbon utilisé ainsi que de facteurs techniques et des conditions de marche comme la température, la pression dans le réacteur, la conception du gazéifieur ou du réacteur et la sévérité de l'hydrotraitement.

On a signalé les rapports entre la température et la concentration des hydrocarbures polyaromatiques et des composés aromatiques renfermant des hétéroatomes ainsi que les rapports entre le point d'ébullition des distillats et la mutagénicité (épreuve d'Ames) et le nombre de cancers de la peau chez les animaux[48,65]. (On a également proposé qu'il pourrait y avoir un rapport entre la température de carbonisation et de distillation et l'incidence des cancers du poumon chez les humains)[66].

La façon dont sont construits les gazéifieurs ou les réacteurs a également un rôle à jouer. Par exemple, outre le gaz de synthèse à base de CO et de H^2 produit dans le gazéifieur Lurgi (à lit fixe), il y a également production d'une large gamme d'autres produits et sous-produits potentiellement toxiques, y compris des goudrons. Ces goudrons peuvent constituer jusqu'à 15 à 20% du produit total. Par comparaison, aucun goudron ne semble être produit dans les cycles de procédé et les gaz produits (Tableau 1) par le gazéifieur Koppers-Totzek (lit fluidisé à entraînement)[16].

L'effet de l'hydrotraitement présente un intérêt particulier. Certains liquides houillers, en raison de leur aromaticité élevée et de leur teneur en hétéroatomes, exigent un hydrotraitement plus sévère pour rendre leurs propriétés chimiques et physiques semblables à celles des produits pétroliers naturels. En augmentant la sévérité de l'hydrotraitement, on diminue considérablement la concentration des HPA, des composés phénoliques, des composés hétérocycliques azotés (aza-arènes) et des APA. On observe également une diminution de la toxicité des liquides dérivés du charbon. La diminution de l'activité mutagène, par exemple[38,65,67,68], peut être considérable. On a observé une diminution de 90 à 99% de l'activité mutagène pour 1 000 pieds cubes standards d'hydrogène par baril d'huile d'alimentation (SCF/bbl) sans activité mutagène décelable jusqu'à une consommation de 2 000 SCF/bbl d'hydrogène. L'augmentation de

l'hydrotraitement diminue également légèrement la toxicité aiguë (jusqu'à environ 1 000 SCF/bbl) pour les cellules et les animaux (souris). Sous ce rapport, on a observé que la teneur en hydrogène des liquides dérivés du charbon constitue un bon indice de la toxicité aiguë. L'incidence des tumeurs de la peau est réduite pour des hydrotraitements de faible sévérité (environ 250 SCF/bbl).

4. Effets de la liquéfaction du charbon sur la santé des travailleurs

Les affections aiguës les plus couramment signalées dans les usines pilotes de liquéfaction du charbon aux États-Unis sont les dermatites, les irritations oculaires et les brûlures thermiques[6]. Des fuites de gaz ont été la cause du décès de plusieurs travailleurs dans une industrie de liquéfaction indirecte en Afrique du Sud[16]. Le Tableau 6 présente d'autres effets aigus et chroniques possibles selon les substances et les organes cibles. La toxicité aiguë du méthanol doit également être considérée lorsque la voie du méthanol est utilisée dans la fabrication de l'essence.

Les effets asphyxiants aigus d'une forte concentration d'oxyde de carbone (CO) sont bien connus. En cas d'intoxication grave d'une femme enceinte au CO, le foetus est aussi particulièrement menacé car de nombreux rapports indiquent une augmentation possible du nombre de mortinatalités et il y a des indices de lésions cérébrales chez les bébés survivants[70]. La santé du foetus peut également être grandement menacée à de plus faibles expositions chroniques au CO et on a proposé de fixer, pour les femmes enceintes, des limites d'exposition beaucoup moins élevées que celles proposées actuellement selon la valeur limite d'exposition actuelle pondérée dans le temps qui est de 55 mg/m^3[71].

On accorde de plus en plus d'attention aux effets chroniques des solvants. Des études en Suède[72] et en Finlande[73] ont confirmé les effets neurotoxiques des solvants organiques, y compris les carburants pour moteurs à réaction, après une exposition à long terme probablement à des concentrations relativement peu élevées dans certains cas. Une étude récente de la mortalité aux États-Unis a également indiqué que des solvants autres que le disulfure de carbone pourrait causer des cardiopathies artérioscléreuses. On a observé que les cardiopathies ischémiques étaient associées à l'exposition au phénol[74].

Nous ne possédons aucune donnée épidémiologique pour la période d'avant et d'après guerre en Allemagne ou pour les activités de liquéfaction indirecte après la guerre en Afrique du Sud[16].

Une étude épidémiologique, menée chez des sujets travaillant dans une usine pilote de liquéfaction directe du charbon aux États-Unis et dont les résultats ont été signalés en 1960[3,35,75,76], a révélé que 50 des 359 travailleurs souffraient d'anomalies cutanées[76]. Un diagnostic de cancer de la peau a été porté pour dix de ces travailleurs, dont six étaient chargés de l'entretien. Ces cancers de la peau représentaient une incidence de 16 à 37 fois l'incidence signalée pour la population générale et tous ces cancers se sont déclarés moins de dix ans après le début du travail dans l'usine. Une étude ultérieure des données recueillies a confirmé les premières observations et a précisé que la mortalité causée par d'autres cancers chez ce groupe de travailleurs n'était pas plus élevée que la normale[77]. Des études du milieu ont révélé que les activités de traitement du brai et d'élimination des solides contribuent de façon significative à la contamination aéroportée par le 3,4-benzopyrène dont on a enregistré des concentrations pouvant atteindre 18 mg/m^3. Ces concentrations contrastaient avec les valeurs signalées pour des échantillons prélevés dans l'air de la région (0,0-0,1 mg/m^3)[75]. Des progrès importants ont été enregistrés dans les techniques générales utilisées dans les procédés ainsi que dans les pratiques du contrôle de l'hygiène depuis que cette étude a été publiée[69].

Dans une autre usine de liquéfaction directe du charbon aux États-Unis, trois cancers de la peau ont été signalés chez 190 travailleurs au cours d'une période de douze ans d'observation et d'exploitation de l'usine[78]. Deux cas se sont déclarés environ trois ans après le début de la construction de l'usine, l'autre, après neuf ans environ. Des détails concernant la durée et le type de l'emploi ainsi que la couleur de la peau n'ont pas été fournies.

5. Cas de cancer dans les industries connexes (combustibles fossiles)

On dispose d'une quantité considérable de données sur l'effet du charbon et des autres sous-produits des combustibles fossiles dans le développement du cancer chez les travailleurs exposés, comme on peut le voir dans le Tableau 7. Le Tableau 8 présente les données de contrôle du milieu disponibles. Les données épidémiologiques indiquent que ce sont les travailleurs exposés aux sous-produits du charbon qui font le plus de cancer. L'huile de schiste de même que le pétrole ordinaire et les produits de combustion du pétrole sont également impliqués mais apparemment dans une moindre mesure.

Le cancer de la peau du scrotum chez les ramoneurs a été une des premières observations importantes et l'incidence du cancer du poumon chez les travailleurs des fours à coke était régulièrement corrélée à l'inhalation excessive de sous-produits du charbon. Le cancer de la vessie était également signalé mais il est davantage relié à une exposition excessive à des substances comme la beta-naphthylamine dans l'industrie des colorants (sous-produits du charbon). Même si ces substances peuvent être présentes dans les cycles de procédés de la liquéfaction du charbon, elles devraient être en faible concentration. Le cancer du tube digestif, du pancréas et des reins a été signalé chez des travailleurs de l'industrie du charbon mais on le signale maintenant plus fréquemment en rapport avec le raffinage du pétrole naturel, et des données relativement récentes indiquent que des mélanomes et des cancers du cerveau peuvent également se produire[79]. Ces dernières associations doivent être étudiées plus à fond.

Il faut observer que ce ne sont pas toutes les études qui ont signalé une association positive entre l'exposition à des combustibles fossiles ou à leurs sous-produits et l'incidence des néoplasmes malins[80-89]. Dans certaines de ces études, les données n'étaient pas de qualité suffisante pour analyse épidémiologique.

Dans l'interprétation des données épidémiologiques disponibles et compte tenu tout particulièrement des différences observées entre les premières études et les études actuelles, il faut tenir compte de divers facteurs. Ces facteurs, outre les diverses substances chimiques présentes dans les différents combustibles fossiles, comprennent l'influence des techniques des procédés sur les produits chimiques que l'on trouve dans un milieu de travail donné, les progrès réalisés dans les techniques ayant trait à la sécurité sur leurs concentrations et les effets de l'amélioration des pratiques d'hygiène sur le niveau d'exposition des travailleurs.

Il est donc probable que les niveaux d'exposition associés aux organes cibles dont on a traité dans les plus récents rapports sont beaucoup plus bas que ceux signalés dans les études antérieures. Les concentrations relativement faibles, mais supérieures aux concentrations ambiantes, de HPA retrouvées dans les émissions de carburant diesel peuvent expliquer la difficulté que l'on a eu à établir sans équivoque le rapport entre l'exposition aux émanations des carburants diesel et le cancer du poumon[118]. En outre, il faut se rappeler que les données de base qui sont habituellement utilisées pour établir les comparaisons (par exemple, l'incidence du cancer du poumon dans la population normale) ont changé[80]. Par exemple, on a signalé une augmentation de l'incidence du cancer du poumon attribuable à la consommation accrue de la cigarette, surtout à partir des années 40. Il faut également tenir compte de l'effet de l'exposition à d'autres sources de pollution atmosphérique (urbaine) car on a indiqué que les HPA, comme le BaP, peuvent agir en synergie avec le dioxyde de soufre et la fumée de cigarette[119].

On n'a pas encore publié d'études épidémiologiques sur les effets des produits de conversion du charbon sur la santé des femmes.

III Surveillance du milieu - hygiène et sécurité industrielles

1. Rapports sur l'hygiène industrielle provenant des États-Unis

Un certain nombre de rapports et de descriptions des programmes d'hygiène et de sécurité industrielles ont été publiés dans la littérature scientifique, notamment aux États-Unis. L'un des premiers est le rapport sur les observations du milieu et les méthodes de surveillance établies pour une usine pilote de liquéfaction directe qui a été exploitée aux États-Unis entre 1952 et 1959[3]. Certaines mesures du milieu figurent dans le Tableau 8. Une étude épidémiologique, dans laquelle on a signalé une incidence élevée du cancer de la peau, a été traitée au chapitre II. D'autres rapports seront brièvement mentionnés dans ce chapitre.

1.1 Contrôle de l'hygiène industrielle dans les usines pilotes utilisant le procédé H-Coal[123,125,126]

Dans ces rapports, on décrit une approche systématique pour mettre sur pied un programme de contrôle de l'hygiène de l'air dans un établissement où l'on effectue la liquéfaction du charbon à l'échelle pilote. Le programme comporte les éléments suivants:

- identification des polluants qui peuvent contaminer les diverses zones de l'usine;
- une stratégie d'échantillonnage comprenant le prélèvement périodique d'échantillons dans les zones de travail et sur le personnel à l'aide de techniques d'échantillonnage et d'analyse reconnues;
- un système informatisé d'enregistrement de l'exposition du personnel; et
- une identification des sources au moyen de dispositifs de contrôle de l'air fonctionnant en temps réel.

On a recherché, dans la zone de travail, la présence de poussières de charbon, de produits volatils du brai de houille, de benzo(a)pyrène, d'amines aromatiques (analine, toluidine, N,N-diméthylaniline), de phénols, de crésols, de cyanure et de sulfure d'hydrogène.

Outre les contrôles ci-dessus, on a dosé le benzène, le toluène, le xylène, l'hexane, le disulfure de carbone, les oxydes d'azote, l'ammoniaque et l'oxyde de carbone sur le personnel.

Les résultats jusqu'à la fin de 1982 ont indiqué que l'exposition des travailleurs est habituellement inférieure aux valeurs limites d'exposition quoique l'exposition moyenne aux produits volatils du brai de houille était légèrement plus élevée que la TLV[171]. Un certain nombre de sources de polluants ont été identifiées et des mesures de contrôle ont été prises. Les techniciens des échantillons de procédés, les tuyauteurs et les chaudronniers ont régulièrement des valeurs moyennes et des valeurs maximales plus élevées que d'autres catégories de travailleurs.

Outre la prise d'échantillons d'air, l'épreuve de mutagénicité d'Ames a été effectuée sur des échantillons d'urine provenant de travailleurs exposés à des HPA[122]. Nous n'avons pas pu démontrer si cette épreuve peut être valable aux faibles niveaux d'exposition observés dans cette usine pilote.

1.2 Sondage de la contamination cutanée à l'usine pilote utilisant le procédé H-Coal[123]

Des travailleurs ayant différentes activités ont fait l'objet d'un contrôle à l'aide d'une lumière de Wood portative de faible intensité (300/800 mW/cm^2) et émettant une longueur d'ondes de 365 nm.

Des contrôles ont également été effectués à l'aide d'un appareil quantitatif expérimental, appelé "Spill Spotter", conçu par le *Oak Ridge National Laboratory (ORNL)*. Cet appareil mesure l'intensité de la fluorescence à une distance de 10 cm de la peau. On l'étalonne avec du benzo(a)pyrène.

Le contrôle à la lumière de Wood a montré qu'une douche permettait d'éliminer les polluants qui se retrouvent en grande quantité sur la peau des travailleurs après leur travail. Les résultats du "Spill Spotter" n'étaient pas très satisfaisants à cause de l'extinction provoquée par les tissus et de la fluorescence plus ou moins grande de la peau. On en a conclu qu'il n'est pas facile de déterminer quantitativement le degré d'élimination des polluants et que d'autres recherches sont nécessaires dans ce domaine.

On est arrivé à la conclusion que l'utilisation contrôlée de la lumière de Wood de faible intensité à ondes kilométriques dans les douches pourrait aider les travailleurs à localiser et à enlever les polluants qui autrement demeureraient sur la peau. On a considéré qu'une brève exposition quotidienne à une telle lumière n'équivalait qu'à une fraction minime de la valeur limite d'exposition et on présume qu'elle a peu d'effets sur la santé.

1.3 Étude de l'hygiène industrielle: deux usines pilotes de liquéfaction du charbon[124]

L'étude a porté sur deux usines: l'une utilisant un procédé faisant appel à un solvant donneur, l'autre, un procédé faisant appel à un solvant donneur ou à l'hydrogénation catalytique. Le Tableau 9 résume la méthode utilisée au cours de cette enquête et les résultats obtenus. Cette étude a révélé que les travailleurs étaient exposés à de faibles concentrations de HPA

et d'amines aromatiques, dont certaines sont soupçonnées d'être des agents cancérigènes. On a également mesuré de très faibles concentrations de benzène, de toluène et de xylène.

La concentration des particules aéroportées dans la zone de préparation du charbon était admissible.

1.4 Hygiène et sécurité industrielles dans les usines de gazéification du charbon[8,9]

Une installation pilote et un prototype d'usine de gazéification (une nouvelle usine à l'échelle industrielle est également prévue) ont été exploitées de concert avec la production locale d'électricité requise par une industrie de traitement chimique. Le programme d'hygiène industrielle, destiné à protéger les travailleurs dans ces usines, comprenait les éléments suivants:

- Un important programme de formation continue comprenant une orientation et un entraînement complet pour les travailleurs (y compris les premiers soins et les urgences); des séances de formation obligatoires en vue de familiariser les travailleurs avec le nouveau matériel et les nouvelles méthodes; des discussions régulières sur les dangers et les résultats des études;
- Des modes d'emploi écrits pour toutes les activités;
- Des contrôles techniques et administratifs pour minimiser ou éliminer l'exposition à des produits chimiques dangereux, y compris les appareils se chevauchant, les appareils de surveillance des lieux de travail (des détecteurs et des systèmes d'alarme pour déceler le CO, le H_2S, par exemple), des dispositifs de surveillance personnels (H_2S, CO, CO_2 poussières); des sonomètres et des détecteurs d'oxygène ou de combustibles (requis également pour entrer dans des réservoirs);
- Matériel de protection personnelle, selon les tâches et les méthodes écrites (casques de sécurité, lunettes de sécurité, respirateurs à embout buccal, dispositifs de protection anti-bruit, chaussures de sécurité, vêtements ignifugés, masques protecteurs, gants protecteurs, masques anti-poussières, etc.). Des douches d'urgence et des bassins oculaires sont placés dans des endroits stratégiques. Le matériel plus spécialisé comprend des respirateurs complets et des installations permettant de vérifier le bon fonctionnement des respirateurs;
- Des installations hygiéniques (vestiaires, douches), salles de premiers soins, cafétérias;
- La surveillance de l'entretien à intervalles réguliers pour augmenter la fiabilité de l'équipement, le décontaminer, etc.;
- La planification d'urgence; et
- Une équipe de santé comprenant le personnel du département de l'hygiène industrielle, des soins médicaux et de la sécurité et certains employés de projets. L'équipe de santé est chargée d'identifier et d'évaluer les dangers liés aux lieux de travail grâce à des activités de surveillance.

1.5 Gestion du matériel contaminé par des HPA[127]

Un rapport sur la gestion du matériel contaminé par des HPA au *Oak Ridge National Laboratory*[127] décrit une approche systématique pour préserver la santé des 80 à 100 employés qui effectuent des recherches sur les combustibles synthétiques dans ce laboratoire. Le programme d'hygiène industrielle se compose des éléments suivants: contrôle de l'accès aux lieux de travail, contrôles techniques, protection respiratoire, vêtements protecteurs, bon entretien des locaux, surveillance de la contamination de l'air et des surfaces, hygiène personnelle, programmes de formation et élimination des déchets. On a observé que l'hygiène personnelle était l'aspect le plus important de la protection des employés. Les crèmes protectrices ne se sont pas révélées utiles et peuvent solubiliser les matières. Des gants jetables en nitrile de butyle sont utilisés.

2. Recherches connexes en hygiène industrielle aux États-Unis

Un rapport du *Federal Interagency Committee on Health and Environmental Effects of Energy Technologies*[128] des États-Unis énumère les domaines de recherche ayant trait aux aspects de sécurité et d'hygiène du travail de la production des combustibles synthétiques:

- caractérisation des cycles de procédés;
- détermination des fuites et des émissions fugitives préoccupantes, par exemple, le contact cutané ou l'inhalation;
- détermination des risques relatifs auxquels sont soumis les travailleurs dans certaines zones de travail de l'usine;
- évaluation des scénarios d'accidents les plus probables;
- études sur le terrain de chaque procédé de fabrication de combustible synthétique;
- élaboration de modèles pour la prochaine génération d'usines de liquéfaction du charbon;
- mise au point et amélioration des méthodes et des appareil de contrôle comme les échantillonneurs passifs, les analyseurs en temps réel, les indicateurs de contamination des surfaces et de la peau, les systèmes d'entreposage et d'extraction des données;
- méthodes de décontamination;
- élaboration ou amélioration de vêtements protecteurs et de respirateurs, épreuves normalisées indiquant la perméabilité inadmissible à des substances;
- élaboration d'un système d'enregistrement des travailleurs de façon à effectuer une meilleure évaluation de l'exposition;
- améliorer les pratiques d'hygiène industrielle et les méthodes de formation dans ce domaine.

On a établi dans une large mesure la composition chimique des combustibles synthétiques dérivés du charbon mais les dangers n'ont pas tous été spécifiquement identifiés et les travaux se poursuivent à mesure que s'élaborent de nouvelles techniques et de nouveaux procédés. Il faut donc déterminer quels produits chimiques auxquels les travailleurs sont exposés feront l'objet d'un contrôle. Le Tableau 10 propose une liste[129] des contrôles qui devraient être instaurés, à partir de

l'expérience d'autres industries du charbon et des résultats des recherches actuelles sur les combustibles synthétiques. On ne peut pas contrôler facilement ou économiquement tous les composés qui ont été identifiés, et l'équipement de contrôle disponible ne convient pas toujours au milieu de travail. Par exemple, il n'existe pas d'appareil de contrôle portatif de certaines amines aromatiques et il faut, pour le moment, avoir recours à la mesure des composés solubles dans le benzène ou le cyclohexane pour indiquer la présence possible ou l'absence de composés chimiques apparentés (produits volatils du brai de houille) dans les lieux de travail. Le mieux que l'on puisse faire en pratique est de mesurer l'exposition à certains produits chimiques et de surveiller certaines zones pour d'autres[129]. Ainsi, en ce qui concerne le contrôle de l'exposition, les produits volatils de brai de houille sont généralement mesurés en même temps que diverses substances indicatrices des HPA.

Les dangers virtuels des effets synergiques nécessitent le dosage de divers contaminants. L'oxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène, de même que les composés analogues comme le 2-méthylnaphtalène pour les vapeurs de HPA ainsi que le pyrène et le BaP pour les HPA plus lourds, sont mesurés dans ce cas.

Toutefois, l'oxyde de carbone ne s'est pas révélé un indicateur utile de la contamination par les HPA dans les opérations de liquéfaction du charbon. Le BaP, à cause de sa présence dans les mélanges complexes de HPA, a souvent été utilisé comme indicateur du pouvoir cancérigène de tels mélanges. Toutefois, comme la proportion de BaP par rapport à d'autres HPA potentiellement cancérigènes varie dans un mélange particulier, le dosage de BaP seul n'est pas fiable pour indiquer le degré de risque. Il faut donc mesurer un certain nombre d'autres HPA dans les contrôles courants. Le *National Institute for Occupational Safety and Health* des États-Unis (*NIOSH*) a utilisé une série de 29 HPA et de 7 amines aromatiques[124] et la *Environmental Protection Agency* des États-Unis utilise habituellement une liste de 15 HPA. Pour réduire les coûts, on peut utiliser des indicateurs comme le pyrène, le benzo(a)pyrène, le benzo(e)pyrène, le chrysène, le fluoranthène, le phenanthrène, l'anthracène et le benzo(a)anthracène[130]. Il est possible que les raffinements apportés aux techniques d'analyse puissent simplifier l'analyse des HPA à l'avenir[131].

On consacre beaucoup d'efforts à améliorer les appareils, particulièrement ceux qui sont utilisés pour mesurer l'exposition aux HPA. Par exemple, au *Oak Ridge National Laboratory (ORNL)*, on tente d'utiliser des dosimètres passifs pour mesurer les vapeurs de HPA et des spectromètres dans l'ultraviolet pour mesurer les HPA en temps réel dans la gamme de concentrations des parties par milliard.

Les échantillonneurs personnels de particules de type Anderson qui séparent les particules selon leur grosseur donnent des résultats satisfaisants pour déterminer la grosseur des aérosols produits lors de la liquéfaction du charbon, mais les échantillonneurs de type cyclone sont inadéquats[132].

Des chercheurs au *ORNL* ont mis au point deux appareils portatifs faisant appel aux ultraviolets (UV) pour déterminer quantitativement la contamination de la peau et des surfaces par les HPA, mais ces appareils ne sont pas encore utilisés couramment dans les usines de fabrication des combustibles synthétiques. L'un de ces appareils, le *Spill Spotter*[133] a été mentionné dans le chapitre 1.2. Il est constitué d'une source d'UV et d'un détecteur électronique de fluorescence. On peut l'utiliser en plein soleil jusqu'à 3 mètres d'une surface et on peut également l'appliquer au contrôle de la contamination de la peau.

L'autre appareil, le luminoscope à fibre optique[134] est conçu uniquement pour déceler la contamination de la peau et fait appel à un conduit de lumière à fibre optique pour transmettre la fluorescence induite à un détecteur de photon. Le capteur, une cupule de stethoscope, est appuyé contre la peau. On mesure la fluorescence sur une zone de 2,5 cm de diamètre ce qui permet de déterminer par exemple le schéma de contamination d'une main.

Étant donné les effets phototoxiques et synergiques des rayons UV et des HPA, on hésite à utiliser une source lumineuse dans le proche UV pour contrôler la contamination de la peau et on peut, par exemple, considérer que la lumière noire portative est trop intense. Dans ce cas, le luminoscope à fibre optique, dont la source lumineuse est moins intense, peut offrir un heureux compromis ou se révéler une solution de rechange pour des expositions très courtes. On a estimé qu'une brève exposition de 10 secondes équivaut à seulement 1/100 du flux énergétique de la lumière solaire.

L'examen aux rayons UV du matériel et des zones de travail a révélé que les murs et les gardes-fous peuvent être recouverts d'une grande quantité d'hydrocarbures cancérigènes et mutagènes qui ne sont pas visibles à l'oeil nu.

Une méthode d'échantillonnage et d'analyse pour l'évaluation de la contamination de la peau a été rapportée[135]. Dans cette méthode, on vaporise du cyclohexane sur une zone limitée de la peau puis on soumet le liquide de rinçage à la fluorescence dans l'UV. La limite de détection est de 0,2 microgramme de distillat de fuel-oil lourd. Toutefois, les techniques de lavage de la peau par le cyclohexane présentent l'inconvénient qu'elles peuvent augmenter l'absorption des HPA par la peau.

On a décrit récemment les progrès réalisés dans les appareils de contrôle en temps réel[136]. On a fait observer qu'il est important de déceler les petites fuites pour éliminer toute possibilité d'exposition, surtout les expositions excessives, à des composés toxiques à court terme et à des agents cancérigènes. Plusieurs instruments qui font l'objet d'essai et de développement au *ORNL* ont été décrits. Il s'agit de modèles portatifs de chromatographes en phase gazeuse et de spectromètres dans l'infrarouge. Un appareil à bande perforée qui mesure en temps réel la phosphorescence des HPA ainsi que divers autres appareils de mesure de la peau et des surfaces faisant appel aux rayons UV sont particulièrement dignes d'intérêt[137].

Un échantillonneur à grand débit constitué d'un fil en teflon et d'un lit de résine absorbante, combiné à un chromatographe en phase gazeuse, à un spectromètre de masse et à un système de traitement des données[138] a permis

d'identifier un grand nombre de composés organiques au voisinage d'une usine de liquéfaction du charbon. L'échantillonneur recueille 35 litres par minute.

Une étude sur les moyens utilisés par les travailleurs pour se protéger[130] dans cinq usines pilotes de liquéfaction du charbon aux États-Unis a mis l'accent sur les vêtements protecteurs, l'hygiène personnelle et la nécessité de renseigner les travailleurs.

Les vêtements protecteurs sont continuellement à l'étude dans ces usines pilotes. En général, le coton donne des résultats plus satisfaisants que les fibres synthétiques, mais un nouveau tissu en polyester-coton contenant des mailles d'acier inoxydable est actuellement à l'étude dans le but d'augmenter la durabilité. On utilise des imperméables jetables en vinyle pour le sablage au jet d'eau et des vêtements résistants à la chaleur au cours des prélèvements dans certaines usines. Les méthodes de nettoyage à sec et de lavage des vêtements sont soigneusement contrôlées[130].

On a utilisé divers types de gants, y compris ceux fabriqués en vinyle et en néoprène. Toutefois, une étude récente sur la perméabilité des gants utilisés dans les usines pilotes de liquéfaction du charbon a permis de conclure que les gants de laboratoire en nitrile offrent la meilleure protection[139]. Des chaussures de sécurité sont généralement fournies ainsi que des couvre-chaussures jetables en vinyle ou des bottes de caoutchouc à embout en acier.

On utilise les respirateurs utilisés dans les avions et les respirateurs autonomes mais on a observé que pour les brèves expositions, il était préférable d'utiliser des masques jetables contre les vapeurs organiques et contre les poussières plutôt que les respirateurs à cartouche à pression négative qui doivent être nettoyés et stérilisés.

En comparant les programmes d'hygiène industrielle pour la gazéification du charbon, la liquéfaction du charbon, le traitement du schiste bitumineux et des sables asphaltiques, on a considéré qu'un seul programme, comparable à celui utilisé à l'usine pilote de raffinage du charbon par solvant à Fort Lewis (Washington) pourrait être utilisé pour tous ces procédés[140]. Dans l'étude, on indique de ne pas trop se fier aux crèmes protectrices et on signale la nécessité d'une méthode pour évaluer la contamination de la peau, un contrôle plus détaillé des polluants dans l'air, par exemple les amines aromatiques et un profil détaillé des procédés.

3. Pratiques de sécurité dans les établissements de recherche au Canada

Les chercheurs canadiens utilisent actuellement des petites unités qui font appel à un procédé à écoulement continu et dont la capacité de production varie entre 0,5 Kg/h et 10 Kg/h. La température de service peut varier de 400 à 500°C et la pression peut atteindre jusqu'à 34 MPa (5 000 psi). (Les expériences de pyrolyse sont effectuées à des températures de 800 à 1 000°C et à des pressions pouvant atteindre 17 MPa (2 500 psi)). Dans la plupart des cas, le solvant de départ est l'huile anthracénique. On utilise un gaz synthétique ou de l'hydrogène comme gaz réactif. La durée de fonctionnement peut être de 10 à 120 heures. Les produits liquides sont en général recueillis dans des récipients sous pression et les gaz de récupération sont épurés pour éliminer le sulfure d'hydrogène avant d'être évacué dans l'atmosphère.

Toutes les unités de développement de procédés sont situées dans de grandes salles de travail ou dans des laboratoires qui servent également à d'autres programmes de recherche. On utilise beaucoup les systèmes locaux de ventilation par aspiration pour éliminer les polluants émis au cours d'opérations comme la pulvérisation du charbon, l'alimentation en bouillie de charbon, l'élimination des produits, l'échantillonnage et l'entretien de l'équipement. L'air d'appoint pénètre habituellement dans les lieux de travail grâce à des unités d'alimentation situées au plafond.

Toutes les unités sont également protégées par des barrières comme des murs de Lexan ou en béton armé (les unités situées dans un établissement étaient logées auparavant dans des cellules de sécurité en forme de cloche avec revêtement d'acier). Des systèmes d'alarme sont en place et signalent la présence de gaz toxiques dont l'hydrogène (H_2), le sulfure d'hydrogène (H_2S) et l'oxyde de carbone (CO).

Le matériel de protection personnelle comprend les masques protecteurs, les casques de sécurité, les vêtements protecteurs, les gants, les respirateurs et les chaussures de sécurité. Les vêtements protecteurs sont des salopettes et des sarreaux qui sont périodiquement nettoyés à sec dans une buanderie. Le changement de vêtements ne se fait pas selon un plan régulier. Les chaussures de sécurité sont laissées au travail. Les travailleurs portent au besoin des gants en cuir, en néoprène et des gants en vinyle jetables. Les préposés à certaines opérations comme la préparation du charbon portent des respirateurs à filtre.

Des douches d'urgence, des couvertures ignifugées, des bassins oculaires et des trousses de premier soin sont habituellement prévus. Il y a également des douches qui sont recommandées après le travail. Il n'y actuellement aucune disposition particulière concernant la cafétéria. Il n'y a pas de vestiaire séparé pour les vêtements propres et les vêtements de travail. Les travailleurs reçoivent des instructions concernant la procédure à suivre et le matériel à utiliser en cas d'urgence et des agents de sécurité sont désignés. Des comités de sécurité sont mis sur pied mais ils sont généralement responsables des questions de santé et de sécurité ayant trait à tous les travaux de recherche effectués sur les lieux de travail.

Même si on prend généralement conscience de la nature des dangers associés à la liquéfaction du charbon, les mesures de sécurité nécessaires ne sont pas toujours prises comme il se doit dans les établissements au Canada. De plus, les industries ne sont pas encore obligées de contrôler régulièrement la présence de substances dangereuses dans les divers milieux de travail associés à la liquéfaction du charbon.

4. Rapports sur la surveillance du milieu: travaux effectués au Canada

4.1 Identification des composés organiques aéroportés à la *Sandwell Beak Research Group Test Facility*[141]

On a étudié la présence de composés organiques aéroportés à la *Sandwell Beak Research Group Test Facility*, à Mississauga (Ontario) au cours du traitement d'un échantillon de lignite Estevan. Les conditions de marche étaient les suivantes:

Type de charbon:	Lignite Estevan 2% d'humidité, 16,7% de cendres.
Température du réacteur:	440°C
Pression du réacteur:	2,41 MPa
Composition du gaz dans le réacteur:	Essai 513 - 60% de H_2, 40% de CO Essai 514 - H_2 pur, sans recyclage
Vitesse d'alimentation en gaz:	1,2 m^3/heure
Vitesse d'alimentation de la bouillie:	6,0 Kg/h
Période d'échantillonnage:	6 - 12 avril 1983

Neuf échantillons d'air de faible volume ont été prélevés au niveau de l'air respiré dans les zones de préparation de la bouillie de charbon, de chargement, de récupération du produit et de séparation des solides pendant des périodes de 10 à 30 minutes à raison de 0,1 L/minute. Deux échantillons d'air de grand volume ont été prélevés dans les zones de chargement et d'enlèvement du produit pendant des périodes de 5,25 heures à une vitesse d'échantillonnage de 10 L/minute. Les dosages ont été fait par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse.

Le milieu d'échantillonnage à faible volume était constitué de laine de verre, de billes de verre, de Tenax - GC, d'Ambersorb XE-340 et de charbon de bois. Le milieu d'échantillonnage à volume élevé était constitué d'un filtre de fibre de verre d'environ 0,5 um, de XAD-2, d'Ambersorb XE-340 et de charbon de bois.

Le Tableau 11 présente les résultats des épreuves qualitatives par catégorie de composé en rapport avec les zones où les échantillons ont été prélevés. On retrouvait les hydrocarbures polynucléaires aromatiques dans les zones de préparation de la bouille et d'échantillonnage du produit. Les composés de benzène substitué se retrouvaient surtout dans la zone de séparation du produit.

4.2 Détermination de l'exposition des travailleurs aux contaminants organiques dans les usines de liquéfaction du charbon de *BC Research* et du CANMET[142]

Les échantillons d'air ont été prélevés dans des zones de travail et sur des personnes dans des usines expérimentales de liquéfaction du charbon à la *BC Research* à Vancouver et au CANMET à Ottawa. Soixante-dix échantillons ont été prélevés à la *BC Research* et quinze, au CANMET. On a dosé les fractions totales et individuelles des hydrocarbures polynucléaires (HPA), les composés aromatiques simples, les composés aromatiques renfermant de l'azote, les amines aromatiques polynucléaires et les composés phénoliques. À la *BC Research*, on a également mesuré la contamination des gants que portaient les techniciens. Les méthodes d'échantillonnage et d'analyse de l'air étaient celles prévues par le *NIOSH* ou la Commisison des accidents du travail de la Colombie-Britannique. Les Tableaux 12 et 13 présentent les résultats des épreuves.

La concentration de tous les contaminants de l'air mesurée, pour lesquels il existe des valeurs limites d'exposition (TLV), était en-deçà des limites fixées, à l'exception des HPA totaux (composés polynucléaires aromatiques - composés volatils du brai de houille) qui dépassaient les limites prévues au cours des travaux de préparation de la bouillie et de l'entretien. La plupart des constituants indiqués n'étaient pas détectables par les méthodes utilisées au cours de l'étude.

Les hydrocarbures polynucléaires pouvaient atteindre 9 $\mu g/m^3$. Il n'existe pas de TLV pour ces composés mais on a proposé une limite de 0,2 mg/m^3 pour le benzo(a)pyrène. Le système d'échantillonnage des HPA n'était pas adéquat pour les constituants de la phase vapeur.

On a observé que les gants de travail étaient contaminés par des substances extractibles par le benzène.

On a indiqué que les variables du procédé, c'est-à-dire le type de charbon, le solvant, la pression, et la durée de rétention n'ont pas d'effet notable sur la composition ou la concentration des contaminants aéroportés et que l'entretien du matériel est le facteur le plus important dans le contrôle des émissions.

4.3 Études à l'usine de l'*Alberta Research Council* (Nisku)

Une étude de petite envergure destinée à déterminer la nature des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) présents dans le milieu de travail, a été effectué à l'usine Nisku de l'*Alberta Research Council*[143].

Des particules ont été prélevées près des réservoirs de bouillie de charbon sur des filtres à raison de 2 L/min pendant sept heures, puis les filtres ont été extraits par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capilaire. On a décelé jusqu'à 14 composés importants dans les échantillons d'air. Un échantillonneur personnel a révélé jusqu'à 40 composés importants possédant de 2 à 5 cycles. La concentration de pyrène mesuré était de 4,2 $\mu g/m^3$.

Des échantillons de faible poids moléculaire ont été prélevés par la méthode du tube de charbon de bois puis analysés. Les seuls composés de faible poids moléculaire retenus par le charbon de bois était le benzène à 0,07 ppm et le toluène à 0,1 ppm dans la zone du réservoir de la bouillie de charbon.

De gros échantillons des produits du début et de la fin du procédé ont également été recueillis. Il s'agit d'échantillons des substances présentes dans la bouillie de charbon, de naphte et d'eau, de produits huileux légers et du produit de centrifugation chaud. On a identifié 17 types de HPA dont plusieurs sont réputés avoir des propriétés cancérigènes. La plupart de ces composés (en % du poids) se trouvaient dans la bouillie de charbon et dans le produit de centrifugation chaud et il y en avait une quantité moindre dans le produit huileux léger[143] comme on peut le voir dans le Tableau 14.

Une étude séparée sur le bruit a indiqué que le niveau de bruit dans les zones de travail ne dépassait pas la limite d'exposition professionnelle de l'Alberta. Le niveau de bruit le plus élevé mesuré était 78 dB[144].

5. Orientation de la recherche au Canada

La recherche biologique au Canada, financée par les gouvernements fédéral, provinciaux et les organismes privés visait les objectifs suivants:

- caractérisation des cycles de procédé, des émissions, des produits et des sous-produits du procédé;
- identification d'une large gamme de composés chimiques;
- études sur la toxicité chez les animaux et l'activité biologique (effets mutagènes) des distillats légers, intermédiaires et lourds; et
- mise au point ou amélioration de techniques de surveillance des zones de travail et de surveillance personnelle et des méthodes d'analyse.

Les recherches sur les méthodes de surveillance ont été mises au point en association étroite avec les activités de surveillance de la santé du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social et avec les études toxicologiques sur certains produits et sous-produits de la liquéfaction du charbon. Elles ont nécessité un contrôle poussé de la qualité de l'air et de l'exposition personnelle des travailleurs dans une usine de liquéfaction directe du charbon (CANMET); la recherche de meilleures méthodes d'analyse chimique et la mise au point; l'évaluation et la validation d'une méthode d'échantillonnage passif de certains composés organiques comme le benz(a)anthracène et l'aminobiphényle. La plupart de ces travaux ne sont pas terminés mais certains résultats préliminaires ont été publiés[99]. Le Tableau 15 présente la composition d'un produit de liquéfaction à point d'ébullition moyen (154-378°C). On trouvera un aperçu des données dont nous disposons sur d'autres études dans les chapitres 4.1, 4.2 et 4.3.

6. Directives concernant les mesures de surveillance de l'hygiène industrielle

6.1 Directives générales à l'intention des usines canadiennes

L'Annexe A renferme les directives générales concernant les mesures de surveillance de l'hygiène industrielle et la surveillance de l'exposition dans les activités expérimentales de liquéfaction du charbon, comme celles qui existent au Canada à l'heure actuelle.

Les directives ont comme objectif d'élaborer un programme d'hygiène industrielle visant à minimiser l'exposition à des dangers physiques et chimiques dans le milieu de travail grâce à des contrôles techniques et administratifs, en renseignant adéquatement les travailleurs, y compris les travailleurs à contrat, sur les dangers qui peuvent les menacer, grâce à des descriptions de tâches écrites, à l'utilisation de matériel de sécurité, à la reconnaissance des situations d'urgence, à l'utilisation d'un matériel de protection personnelle approprié, à la surveillance des lieux de travail et du personnel, à des pratiques adéquates d'entretien et d'hygiène, à une formation permanente des travailleurs et à un programme d'entretien du matériel. Les autorités gouvernementales respectives doivent passer les directives en revue avant de mettre les programmes en application pour s'assurer qu'elles respectent les normes et les règlements en vigueur.

Dans le but de veiller à la santé et à la sécurité des travailleurs, il serait important à l'avenir que le personnel affecté à l'hygiène industrielle et à la sécurité prenne part à l'étape de planification des activités à l'échelle pilote et à l'échelle industrielle, c'est-à-dire avant le début de la construction de l'usine. Il pourrait ainsi étudier tous les documents et les diagrammes décrivant le procédé et identifier les éléments qui pourraient menacer la santé et la sécurité des travailleurs et faire des recommandations sur les moyens d'exercer une surveillance à ce sujet. Une telle étude pourrait être considérée comme le début d'un processus permanent d'étude de l'hygiène industrielle et de la sécurité qui pourrait se poursuivre après le début de l'exploitation de l'usine et jusqu'à la fin des activités.

6.2 Références utiles concernant les combustibles synthétiques

Le *National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)* et le *Oak Ridge National Laboratory (ORNL)* des États-Unis ont publié des études poussées sur l'hygiène et la sécurité industrielles reliées aux activités de liquéfaction du charbon[6,16,55,124].

D'autres directives qui ont été publiées peuvent être utiles dans certaines situations. Par exemple, une norme recommandée pour la gazéification du charbon[145] peut s'appliquer aux opérations de liquéfaction indirectes. Un document sur l'exposition au HPA dans les raffineries de pétrole[146] devrait être étudié en rapport avec la cotransformation du charbon et

des huiles lourdes. Les directives qui ont été publiées pour les combustibles dérivés du charbon utilisés pour produire de l'énergie électrique[147] peuvent être utiles dans les opérations où des produits liquides à base de charbon sont transportés ou transformés.

La *United States Environmental Protection Agency* a publié une série de manuels techniques sur la lutte contre la pollution (*Pollution Control Technical Manuals, PTCM*) dans lesquels on présente un aperçu des données disponibles sur les propriétés des résidus de combustibles synthétiques et sur les techniques utilisées pour lutter contre la pollution par ces résidus. Des manuels traitent directement de la liquéfaction du charbon comme le manuel sur la liquéfaction indirecte du charbon par le procédé Lurgi[148], le manuel sur la liquéfaction indirecte du charbon à partir du procédé Koppers-Totzek[149] et le manuel sur la liquéfaction directe du charbon par le procédé du solvant donneur d'Exxon[169]. Trois autres manuels traitent des procédés de transformation du schiste bitumineux. Il existe également un manuel renfermant des annexes sur les techniques de contrôle applicables à tous les manuels techniques de lutte contre la pollution[150].

Les manuels traitent à fond des méthodes de contrôle des émissions et constituent une source inestimable de renseignements pour les hygiénistes industriels aux prises avec de nouveaux types d'usine.

Les sections des manuels qui traitent du contrôle des émissions organiques fugitives sont particulièrement utiles pour la protection des travailleurs dans les usines de liquéfaction du charbon. Ces émissions provenant des pompes, des valves, des égouts, etc., sont probablement les principales sources d'exposition aux hydrocarbures polycycliques aromatiques. Les méthodes de contrôle décrites comprennent des techniques de détection des fuites, des plans de contrôle, l'entretien préventif et les spécifications du matériel.

Le *Australian Committee for Occupational Health and Safety in Coal Conversion* a également publié une étude sur le sujet[151] et a élaboré des directives sur l'hygiène et la sécurité en milieu de travail semblables à celles dont on vient de parler. Les programmes européens sont semblables mais ils mettent davantage l'accent sur l'épidémiologie des maladies professionnelles dans le contexte général de l'industrie des combustibles naturels et synthétiques.

IV Surveillance de la santé - aspects médicaux

1. Considérations générales

Le principal objectif de la surveillance ou du contrôle médical est la prévention des maladies du travail. Dans le cas des travailleurs dans les usines de liquéfaction du charbon, on met surtout l'accent sur la prévention du cancer d'origine du travail, particulièrement le cancer de la peau. De nombreux autres dangers de nature physique et chimique sont présents dans le milieu de travail mais, à cause de la nature particulière du procédé de liquéfaction du charbon, une situation d'urgence peut toujours se présenter. Un programme de surveillance de la santé a également comme objectif de déterminer si les travailleurs ont la forme physique pour effectuer les tâches qui leur sont confiées, de surveiller continuellement l'état de santé des employés et de déterminer si des rapports peuvent être établis entre les variations de l'état de santé et le milieu de travail et de respecter les règlements.

L'application d'une surveillance médicale exige:

- une politique claire sur la prestation de services en hygiène du travail;
- un personnel de la santé (et de premiers soins) ayant reçu une formation adéquate et se montrant apte et intéressé à s'occuper de la santé des travailleurs;
- des installations sanitaires adéquates, convenablement équipées (pour traiter les blessures et pour aider les employés à se rétablir complètement et rapidement et à réintégrer leurs fonctions);
- un programme de surveillance médicale adapté aux besoins sanitaires particuliers des travailleurs dans les usines de liquéfaction du charbon;
- un système de tenue des dossiers qui permet d'établir des corrélations entre les données sur l'état de santé et les antécédents professionnels d'un sujet et les données concernant son exposition à des contaminants dans le milieu de travail.

Seul le programme médical sera abordé dans ce chapitre. Dans le chapitre V, nous traiterons d'un système de conservation des dossiers en insistant sur un système centralisé d'enregistrement des travailleurs.

2. Méthodes de surveillance médicale aux États-Unis et dans d'autres pays

Les examens médicaux annuels et ceux préalables à l'emploi, ainsi que toute la gamme des études de laboratoire et des autres études spéciales, forment habituellement la base de tous les programmes de surveillance médicale aux États-Unis. On a également recommandé les examens médicaux à la retraite[6]. Toutefois, les programmes diffèrent selon la portée des études spéciales[130]. L'examen de la peau, ainsi que ceux de l'appareil respiratoire, du foie et des reins sont les plus exécutés. Dans certains cas, les examens de la peau sont appuyés par des photographies qui sont gardées en dossier et on a signalé que dans un cas, le traitement chirurgical précoce de lésions suspectes constituait une caractéristique spéciale du programme[152]. Le Tableau 13 présente un aperçu général de certains programmes médicaux en usage aux États-Unis[130]. Deux questions particulières ont fait surface dans l'élaboration de ces programmes: la nécessité de protéger la santé des préposés à l'entretien et l'affectation des femmes à des travaux de liquéfaction du charbon.

On a fréquemment signalé dans la littérature la nature particulière du risque provenant de l'exposition massive à laquelle peuvent être soumis les préposés à l'entretien et les travailleurs sous contrat. Il est difficile de protéger adéquatement la santé de ces travailleurs, non seulement parce qu'ils ont différents employeurs mais parce que leurs périodes de travail sont irrégulières et peu fréquentes et que la durée de leur exposition varie. Il est donc intéressant de noter que l'un des cinq programmes de surveillance médicale[52] mentionnés dans le Tableau 16 prévoit des examens médicaux pour les travailleurs sous contrat lorsque ceux-ci travaillent plus de 30 jours par année dans des zones réglementées. Dans deux autres cas, les examens médicaux sont requis après 90 jours de travail par année.

En ce qui concerne l'affectation des femmes à ce genre de travail, deux des cinq usines préféraient restreindre l'embauche des femmes pour des travaux de liquéfaction du charbon, présumément à cause des effets toxiques possibles sur le foetus.

3. Pratiques actuelles de surveillance médicale dans les usines canadiennes

Deux usines canadiennes ont des programmes officiels de santé au travail. Le *Alberta Research Council* a une politique bien établie en matière de santé au travail, elle emploie une infirmière à plein temps en santé du travail et fournit les services d'un médecin spécialisé en santé du travail. Des examens médicaux annuels sont prévus pour tout le personnel et des examens particuliers de dépistage au niveau de la peau sont effectués tous les six mois. Les employés du programme du CANMET sont visés par les politiques et les services d'hygiène du travail de la Fonction publique fédérale. Les employés subissent un examen médical tous les deux ans. Une infirmière en santé du travail rencontre chaque année les employés de l'usine pour leur donner des conseils.

Des dispositions générales sont prévues en cas d'urgence dans toutes les usines.

Il n'y a aucune restriction à l'emploi des femmes.

4. Éléments d'un programme de surveillance médicale pour les travailleurs canadiens

La surveillance médicale s'appuie sur le contrôle et l'examen réguliers de l'état de santé des travailleurs. Les éléments requis dans un programme de surveillance de la santé sont: l'étude et la mise à jour des antécédents personnels de santé et des antécédents de travail, les examens médicaux préalables à l'emploi (examens de base) et les examens périodiques (suivis), les épreuves de laboratoire et la promotion de la santé et de la sécurité.

4.1 Antécédents de travail, personnels et familiaux

Les antécédents de travail, personnels et familiaux sont importants dans l'examen médical préalable à l'emploi ainsi que dans les examens médicaux futurs pour l'évaluation de la santé des employés. Il faut insister tout particulièrement sur certains aspects des données à obtenir.

Tous les emplois précédents et les expositions à des agents physiques et chimiques dans le milieu de travail, particulièrement ceux qui peuvent causer le cancer ou endommager des organes comme la peau, le foie et les reins, doivent faire l'objet d'une étude attentive. Il est reconnu que le mode de vie ou les risques assumés, comme l'usage du tabac et les passe-temps où l'on fait usage de produits chimiques, peuvent avoir des effets néfastes sur la santé. Une question particulièrement difficile sur le plan épidémiologique a trait aux données sur les expositions en-dehors du travail ou dans un travail précédent à des composés comme, par exemple, les HPA. Dans l'intérêt des études épidémiologiques futures, il pourrait être prudent de commencer à recueillir et à conserver les données disponibles sur l'exposition.

Bien que les antécédents familiaux détaillés fassent normalement partie d'un examen médical complet, ces renseignements ne sont pas toujours recueillis de façon systématique. L'accumulation des résultats expérimentaux semble indiquer qu'il faut accorder plus d'importance à cet aspect car certaines des substances auxquelles les travailleurs de la liquéfaction du charbon peuvent être exposés présentent des effets qui peuvent se transmettre directement à leurs descendants[153].

4.2 Examens médicaux de routine

Un examen physique complet de tous les organes, appuyé par certaines interventions spéciales et tests de laboratoire particuliers sont des éléments essentiels d'un examen médical préalable à l'emploi (examen de base). Toutes les observations sont notées et seront très utiles comme données de base pour comparer l'état de santé de l'individu à l'avenir. Les examens préalables à l'emploi sont également une bonne occasion d'évaluer la capacité physique de l'individu à effectuer le travail auquel il a été affecté ainsi que la capacité de porter du matériel de protection comme des respirateurs.

Dans les examens médicaux périodiques suivants, on met l'accent sur la détection précoce des changements par rapport aux observations de base, à l'évaluation de leur fréquence en rapport avec des facteurs liés éventuellement au travail et à l'instauration de mesures correctives dans les meilleurs délais.

La fréquence des examens médicaux périodiques dépend habituellement du type et de la gravité de l'exposition et de l'état de santé antérieur du travailleur et de son âge. Des examens médicaux complets à des intervalles de deux ans semblent raisonnables dans le cas de travailleurs habituellement en bonne santé.

Tous les travailleurs de la liquéfaction du charbon et le personnel de laboratoire, de même que les employés s'occupant de l'entretien et les employés à contrat qui passent plus d'une certaine période de temps (par exemple, au moins 30 jours) dans des lieux où on effectue la liquéfaction du charbon, devraient pouvoir profiter d'un examen médical de base et des examens de contrôle suivants.

4.3 Évaluations provisoires de la santé

Étant donné la nature du milieu de travail de la liquéfaction du charbon, il peut s'avérer souhaitable pour les employés de multiplier les consultations médicales. Ces dernières pourraient se faire à intervalles réguliers à peu près à mi-chemin entre deux examens médicaux périodiques, ce qui équivaudrait à un examen médical au moins une fois l'an dans le cas où des examens médicaux complets sont prévus à tous les deux ans.

L'examen médical provisoire pourrait comprendre: un examen général de la santé du travailleur (l'utilisation de questionnaires pourrait normaliser cette partie de l'évaluation); un examen de la peau; la mesure de certains paramètres physiques comme la tension artérielle; certaines épreuves importantes de laboratoire et une évaluation de l'utilisation des vêtements et des appareils protecteurs. L'examen pourrait être fait par une infirmière en santé du travail et les travailleurs pourraient être adressés à un médecin pour un examen plus détaillé si l'état de santé du sujet l'exigeait à ce moment ou selon la nature des produits auxquels il est exposé dans son milieu de travail.

4.4 Les interventions spéciales: critères de leur utilisation et de leur fréquence

Les interventions ou tests de laboratoire spéciaux à envisager dans le cadre d'un programme de santé pour les travailleurs de la liquéfaction du charbon sont:

- une radiographie pulmonaire;
- un électrocardiogramme;
- les tests de la fonction pulmonaire;
- un audiogramme;
- une numération globulaire complète;
- certaines épreuves cliniques comme celles de la fonction hépatique;

- un examen des urines; et
- d'autres interventions spéciales qui pourraient être indiquées comme les épreuves utilisées dans le cas de la surveillance biologique, la cytologie de l'urine et des crachats et les épreuves utilisées pour évaluer l'exposition à des substances mutagènes.

Une radiographie pulmonaire postéro-antérieure (36 cm x 43 cm) de même que les diverses épreuves de la fonction pulmonaire (par exemple, capacité vitale forcée et VEMS 0,1 sec) devraient être incluses dans l'examen médical complet préalable à l'emploi. La fréquence avec laquelle ces épreuves devront être effectuées par la suite dépendra du type et de la gravité de l'exposition de même que d'autres facteurs reliés à la santé. Il est possible que les sujets en bonne santé qui travaillent dans des usines de liquéfaction du charbon au Canada ne doivent pas subir de telles épreuves à plus de trois à quatre ans d'intervalle. L'électrocardiogramme, quoique essentiel dans un examen médical préalable à l'emploi, peut également, pour un sujet en bonne santé, ne pas être indiqué à une fréquence plus grande que celle recommandée par le groupe d'étude canadien de l'examen médical périodique[154], soit un à tous les dix ans jusqu'à l'âge de 59 ans puis à tous les cinq ans par la suite. Lorsque le bruit constitue un danger important, un audiogramme devrait être effectué conformément aux règlements fédéraux ou provinciaux.

Un groupe spécial d'épreuves de laboratoire d'appoint fait normalement partie d'un examen médical complet. (Certains tests peuvent également être faits au moment de l'examen médical provisoire). Ces épreuves peuvent comprendre: un examen sanguin complet (détermination de la concentration d'hémoglobine, hématocrite, numération des globules rouges, numération des réticulocytes, numération des leucocytes et formule leucocytaire); certains tests de la fonction hépatique (notamment le dosage de la bilirubine sérique, de la transaminase glutamique oxalo-acétique sérique (SGOT), de la transaminase glutamique pyruvique sérique (SGPT), de la gamma glutamyl transaminase (GGTP) et de l'isocitrate déshydrogénase); et l'analyse de l'urine, y compris un examen microscopique. Lorsqu'on soupçonne une dysfonction, il faut effectuer des épreuves plus spécifiques de la fonction rénale.

Le Tableau 17 donne une brève description de certaines épreuves de surveillance biologique. La surveillance biologique est utile pour déterminer l'exposition à certains composés toxiques dans le milieu de travail mais elle ne peut pas remplacer un programme rigoureux de contrôle du milieu.

On a considéré que la cytologie de l'urine et des crachats pourrait être de quelque utilité dans les cas d'exposition à des agents cancérigènes pour le poumon et la vessie, notamment parce qu'un diagnostic précoce pourrait permettre d'intervenir tôt et de façon plus efficace. Toutefois, ces épreuves n'ont pas obtenu un succès inconditionnel et ne sont pas utilisés de façon générale. Dans le cas de la cytologie des crachats, par exemple, il est difficile d'obtenir des échantillons de qualité constante et d'interpréter les anomalies cellulaires précoces. Même si certains chercheurs ont une haute opinion de ces tests, il semble que leur précision repose en grande partie sur la qualité de l'interprétation qui demande une grande expérience. La cytologie urinaire pourrait être davantage utilisée comme moyen spécial d'investigation mais l'application générale de ce test peut être mis en doute car les naphthylamines, les agents cancérigènes de la vessie les plus connus, ont été observés à des concentrations extrêmement faibles dans les activités de liquéfaction du charbon.

Pour déterminer les effets de l'exposition à des substances mutagènes, on a également recommandé des épreuves biologiques comme l'analyse chromosomique des lymphocytes circulants et l'analyse de l'activité mutagène de l'urine des travailleurs exposés[155]. Toutefois, certains facteurs peuvent empêcher l'introduction générale de ces tests: les concentrations généralement faibles des agents ou substances donnant des résultats positifs; la présence de variables confusionnelles (par exemple, l'exposition à des HPA dans le milieu en général et dans la fumée de cigarette[122,156]; et l'incapacité jusqu'à maintenant d'interpréter les résultats pour savoir s'il y a eu exposition excessive ou non. Ces épreuves n'ont pas encore été validées et normalisées de façon adéquate[170]. Par conséquent on ne peut pas encore les appliquer de façon générale à la surveillance de la santé des travailleurs de la liquéfaction du charbon. Ces tests doivent être utilisés de préférence dans des programmes de recherche bien définis.

Quelle que soit la nature du test ou de l'intervention spéciale, il est clair que le médecin spécialisé en santé du travail devrait connaître à fond les procédés de convertion du charbon et la nature des produits ainsi que la concentration à laquelle on les retrouve ou on est susceptible de les retrouver dans le milieu de travail. Dans de tels cas, le médecin doit être très prudent en ce qui concerne le choix et la fréquence de chaque intervention spéciale. Le Tableau 18 présente la fréquence proposée pour certains examens ou épreuves d'un programme de surveillance médicale.

5. Préparation aux situations d'urgence

La préparation aux situations d'urgence doit faire partie d'un bon programme de santé et de sécurité du travail. La préparation aux situations d'urgence suppose qu'il faut savoir quoi faire, avoir à portée de la main le matériel adéquat en cas d'urgence et que des dispositions soient prises sur place pour l'évacuation et le traitement des employés à l'établissement de santé le plus proche, le cas échéant; ce n'est qu'ainsi qu'on peut espérer sauver des vies et prévenir les incapacités.

Les procédés et méthodes à suivre en cas d'urgence doivent être détaillés dans les manuels de procédés et de méthodes et tous les employés doivent savoir comment les exécuter. Un personnel connaissant parfaitement les principes des premiers soins et l'utilisation du matériel d'urgence doit être en poste en tout temps et les superviseurs à chaque poste de travail doivent être investis du pouvoir de coordonner toutes les opérations d'urgence.

6. Formation et participation des travailleurs au maintien de la santé

La formation des travailleurs en matière de santé et de sécurité doit être permanente. Outre les séances de formation, qui visent à familiariser tout le personnel avec les méthodes, y compris les procédés et méthodes en cas d'urgence et le nouveau matériel, des séances régulières doivent être prévues pour mettre ces méthodes et procédés d'urgence en pratique, passer en revue les moyens pour prévenir les dangers liés au travail, et discuter des résultats des enquêtes sur l'hygiène industrielle.

On tend de plus en plus à promouvoir la participation des travailleurs au maintien de leur santé[74], car on estime qu'un travailleur motivé est également un travailleur plus responsable qui aspire non seulement à un environnement de travail plus sain mais également à améliorer sa santé. Un employé bien motivé peut conserver ces objectifs de santé toute sa vie[157,158] et son médecin peut jouer un rôle de plus en plus important si le travailleur change d'emploi ou à mesure qu'il prend de l'âge et approche de la retraite.

La participation du travailleur suppose également que ce dernier peut avoir accès à son dossier médical et qu'il peut permettre, à titre strictement confidentiel, la consultation des données pertinentes par le médecin en santé du travail et son propre médecin.

7. Recherches à l'appui de la surveillance médicale

La qualité de la surveillance médicale repose sur l'application des plus récentes connaissances scientifiques. C'est pourquoi certains programmes médicaux dans l'industrie comportent également des recherches sur divers aspects toxicologiques ou cliniques. Un certain nombre de domaines de recherches prioritaires ont un rapport évident avec la surveillance médicale des travailleurs de la liquéfaction du charbon:

- les épreuves de toxicité et d'activités biologiques de tous les liquides et produits des procédés de liquéfaction de charbon qui seront élaborés au Canada (élaboration de profils de toxicité et d'activités biologiques);
- développement de matériel pour déterminer l'exposition personnelle "en temps réel";
- mise au point de dosimètres simplifiés permettant de calculer l'exposition de la peau aux HPA;
- mise au point de méthodes plus efficaces de décontamination de la peau;
- validation et normalisation des méthodes de surveillance biologique;
- détermination de l'utilité de certains systèmes enzymatiques comme indicateurs de l'exposition (par exemple, aryl-hydrocarbure hydroxylases).

V Mise sur pied d'un système de dossiers pour la surveillance de la santé

1. Introduction

L'objet d'un système de dossiers ou d'une base de données serait de recueillir, de trier, de transmettre, de conserver, de récupérer, d'analyser et d'utiliser les données concernant la santé des travailleurs et les facteurs potentiellement dangereux dans leur milieu de travail. Un tel système pourrait à court terme faciliter la surveillance, le maintien et la promotion de la santé des employés et permettrait de surveiller les conditions qui prévalent dans les lieux de travail et de contrôler les facteurs et agents du milieu. À long terme, le système faciliterait le suivi médical et les recherches épidémiologiques (étude des tendances en matière de symptomes et de maladies et la mesure par exemple du risque de cancer) et on pourrait ainsi évaluer l'efficacité des méthodes de surveillance de la santé et du milieu.

Étant donné les nombreuses difficultés inhérentes à l'étude des populations ouvrières dans le temps, les données recueillies doivent être précises, validées comme il se doit, spécifiques et en nombre suffisant pour le genre d'analyse et les résultats envisagés. Cela signifie qu'il faut choisir au début, au meilleur de notre jugement scientifique, les éléments qu'il faut inclure dans le programme. Le système doit également être simple à utiliser et économique et il doit rester souple et facile d'accès pour permettre l'expansion de la base de données le cas échéant. Les données recueillies doivent être normalisées, particulièrement lorsqu'elles proviennent de sources diverses et elles doivent permettre d'identifier les individus sans risque d'erreur aux fins des recherches épidémiologiques et permettre la comparaison des données entreposées avec d'autres sources de données sur la morbidité et la mortalité ainsi qu'avec d'autres bases de données sur la santé du travail. La confidentialité doit également être préservée.

Les coûts résultant de l'établissement d'un système de dossiers informatisé est un facteur important lorsqu'il s'agit de décider s'il faut acheter l'un des systèmes disponibles dans le commerce ou en élaborer un qui soit conforme aux exigences de la situation particulière. Les stratégies de réduction des coûts peuvent également exiger qu'on envisage une mise en application progressive ou qu'on limite à un minimum raisonnable la quantité de données à recueillir et à conserver. Toutefois, pour décider de la stratégie à adopter, il faut prendre connaissance des limites d'utilisation ultimes du système aux fins de recherche épidémiologique.

Dans l'étude générale qui suit, on a mis l'accent sur la quantité minimale de données reliées à la surveillance de la santé et au suivi à long terme des travailleurs de la liquéfaction du charbon au Canada que l'on peut raisonnablement exiger. L'étude tient également compte de la mise sur pied possible d'un système d'enregistrement central des travailleurs de la liquéfaction du charbon. Cette idée a été émise en tenant compte du fait que les travailleurs de la liquéfaction du charbon dans différentes parties du Canada sont présentement employés par de petites sociétés ou de petits établissements de recherche qui risquent de ne pas disposer d'un système adéquat de dossiers. En outre, il faut élaborer des méthodes pour effectuer le suivi médical des travailleurs de la liquéfaction du charbon qui changent de type d'emploi.

Ceux qui fournissent les données, c'est-à-dire les programmes respectifs de surveillance de la santé qui participent à un système d'enregistrement des travailleurs, peuvent également devenir les principaux usagers d'une banque de données centrale. Étant donné que l'expérience collective d'une population plus considérable que celle qu'ils ont immédiatement à surveiller serait ainsi mise à leur disposition, les gestionnaires du programme de santé seraient ainsi mieux outillés pour protéger la santé de leurs employés. De plus, un système d'enregistrement central des travailleurs assurerait le degré d'uniformité et de comparabilité des données qui est essentiel pour des recherches épidémiologiques.

Des vérifications périodiques de tous les programmes inscrits au système seraient nécessaires pour évaluer le degré d'utilisation du système et la qualité des données qui y sont introduites. En outre, il faudrait préparer des protocoles ou des manuels d'assurance de la qualité en rapport avec tous les éléments du système.

2. Types de données à recueillir

L'Annexe B présente une liste générale des éléments d'information liés à la santé et à l'exposition, à partir d'une estimation de certains des résultats finals d'un système de surveillance de la santé. Cette liste n'est pas exhaustive. Cinq modules ou parties d'information ont été considérés. Ces données sont compatibles avec l'informatisation progressive de la base de données et renferment des renseignements tels: l'identité de l'employé, tous ses antécédents de travail, son état de santé, son profil d'exposition personnelle et des données d'appoint.

2.1 Identité de l'employé

L'identification de la personne, ainsi que des données sur ses expériences précédentes de travail, la durée du travail et les absences sont normalement consignées en premier lieu par le service du personnel. Du point de vue de la surveillance médicale et surtout du suivi épidémiologique à long terme, les données conservées par le service du personnel sont toutefois

souvent incomplètes. Il peut donc être nécessaire de s'assurer que les données sont suffisamment complètes pour identifier tous les individus sans équivoque[129]. Cela permet de comparer les données recueillies sur l'hygiène du travail avec d'autres données sur la morbidité et la mortalité provenant d'autres sources lorsqu'il est nécessaire de faire des études statistiques. Les éléments d'information figurant dans la section A de l'Annexe B sont les éléments proposés comme minimaux pour un suivi à long terme.

La plupart des données requises sont déjà disponibles dans les services du personnel car ces derniers sont tenus de conserver l'identité de l'employé de même que le début et la fin de son emploi. Par exemple, il est obligatoire au Canada de consigner non seulement le nom de l'employé mais également son numéro d'assurance sociale.

Le Tableau 19 montre à quel point les données qui sont actuellement disponibles dans les établissements canadiens de liquéfaction du charbon correspondent aux données minimales figurant dans l'Annexe B. On peut également établir une comparaison avec d'autres éléments d'information utilisés par d'autres banques de données, comme le Fichier dosimétrique national, le Système national de déclaration des cas de cancer, la banque de données sur la mortalité de Statistique Canada et les renseignements qui figurent habituellement sur les certificats de décès.

Les numéros d'assurance sociale, lorsqu'ils étaient disponibles, étaient fiables dans environ 99% des comparaisons effectuées. Ils ne sont toutefois pas des éléments absolus ou uniques d'identification durant toute la vie, ils ne figurent pas sur les certificats de décès et ne peuvent pas être obtenus pour un système d'enregistrement sans le consentement de l'individu.

L'attribution d'un numéro spécifique de projet ou d'un numéro d'enregistrement à chaque employé serait indiquée de toute façon et pourrait être l'élément spécifique ou "unique" permettant d'identifier un individu dans un système de dossiers ou d'enregistrement.

2.2 Antécédents de travail complets

Outre des renseignements limités portant principalement sur l'expérience et les qualifications d'un individu affecté à un poste particulier, on ne recueille pas en général de façon systématique des données sur les postes précédents de l'employé. Par conséquent, les effets sur la santé d'emplois antérieurs ne sont pas évalués sauf lorsqu'ils ont été consignés par un professionnel de la santé au cours d'examens médicaux effectués dans le cadre d'un programme de surveillance médicale mais même dans ce cas, les antécédents de travail peuvent ne pas avoir été consignés d'une façon suffisamment normalisée pour satisfaire aux exigences d'un système centralisé de collecte des données.

Le module des antécédents complets de travail (section B, Annexe B) a donc été conçu pour renfermer les éléments ayant trait à tous les antécédents de travail de l'individu durant toute sa vie. Cela comprend les éléments d'information ayant trait à l'emploi actuel, tous les emplois précédents (y compris une étude des risques particuliers), les changements de poste au sein de l'industrie de la liquéfaction du charbon ou des emplois ailleurs. Il doit également traiter des absences du travail, des modifications apportées à la durée ou au type d'affectation et de la retraite.

La formule portant sur les antécédents de travail, présentée dans la Figure 5, permet de recueillir des renseignements qui peuvent se révéler utiles concernant les expositions précédentes à des substances ou à des agents dangereux. Les individus peuvent également inclure une évaluation personnelle de la gravité de telles expositions. Même si ces observations se fondent sur l'expérience personnelle ou reflètent des préjugés de l'individu, ils peuvent être utiles pour préciser la durée des expositions précédentes et le degré de détérioration de la santé, particulièrement lorsque ces observations sont tempérées par des connaissances ou un jugement éclairé sur le type d'industries en cause ou par les préoccupations de l'employé au sujet du type d'exposition qu'il a subi.

Il faut noter que seul le "type d'industrie" est requis pour les emplois précédents. Ceci, pour éviter de créer des trous dans l'information concernant la nature de l'industrie et donc la nature générale des dangers qui peuvent être présents. Le seul nom de la société, comme E.J. Smith Ltd., risque de ne pas être suffisant même si une description des activités l'accompagne et que les dangers qui peuvent se présenter ont été identifiés.

2.3 Fiche de santé

La fiche de santé de l'individu est censée renfermer tous les éléments d'information ayant trait à la santé de l'employé ou pouvant l'affecter.

La plupart des renseignements requis sont obtenus au moment de l'examen médical préalable à l'emploi et sont mis à jour régulièrement lors de l'examen médical périodique, des évaluations provisoires de santé et des consultations à l'infirmerie. La fiche de santé se compose des antécédents personnels ainsi que des antécédents familiaux, des renseignements sur les risques assumés tels l'usage du tabac, les résultats des examens médicaux et des évaluations provisoires de la santé, les résultats des interventions spéciales et un relevé des autres problèmes de santé, dont les consultations médicales et les absences du travail pour raison de santé. Les données recueillies devraient favoriser la détection précoce des effets néfastes sur la santé et améliorer le suivi médical (études de morbidité et de mortalité à plus long terme).

Il est devenu de plus en plus important de noter les antécédents familiaux détaillés, et les épidémiologistes y accordent de plus en plus d'attention[159] car certains hydrocarbures polycycliques aromatiques, dont certains devraient être présents dans le milieu de la liquéfaction du charbon, peuvent avoir un effet néfaste sur la santé du foetus. La Figure 6 mentionne les types de renseignements qui peuvent être utiles.

Dans cet exemple, qui s'applique autant aux sujets mâles que femelles, les questions ont été formulées de façon à fournir

des renseignements au sujet de l'état de santé des membres de la famille des travailleurs de la liquéfaction du charbon et comprennent des renseignements sur les effets génétiques possibles chez les enfants des travailleurs (question 3). La question 2 a pour but d'établir la contribution du conjoint aux effets sur le foetus par l'entremise des activités liées au travail ou aux loisirs. L'ordre de la naissance des enfants devrait permettre de déterminer les périodes de travail qui ont précédé ou qui ont suivi par exemple les affectations à des postes reliés à la liquéfaction du charbon. La question 4 exclut spécifiquement toute allusion à l'avortement. Elle a pour objectif de jeter plus de lumière sur les naissances anormales ou les effets sur le foetus.

Le questionnaire, dans sa forme présente, ne constitue pas une étude détaillée des antécédents de reproduction. Sa principale contribution serait d'inciter le médecin ou l'infirmière qui effectue l'examen à approfondir les causes possibles des anomalies signalées. Il ne donnera pas non plus de renseignements sur la stérilité. Notons au passage qu'un instrument (questionnaire), basé sur une fonction de probabilité, a été élaboré[160,161] et qu'on l'a utilisé avec succès en milieu industriel ou il y a exposition à des produits chimiques réputés causer la stérilité. On a signalé que le questionnaire était suffisamment précis pour identifier les effets de la stérilité à un stade précoce. Il y a un questionnaire différent pour les hommes et les femmes; on pourrait peut-être les utiliser ainsi qu'une formule semblable à celle dont on vient de parler.

Les données consignées au sujet des risques assumés, comme l'usage du tabac, sont tout particulièrement importantes pour des études épidémiologiques éventuelles et doivent être consignées le plus précisément possible. Il faut également signaler les données au sujet des expositions potentiellement nocives à des substances toxiques au cours de passe-temps. Ces renseignements ne sont pas fournis de façon suffisamment détaillée à l'heure actuelle.

Les besoins particuliers dans ce domaine pourraient nous faire envisager l'introduction d'un questionnaire spécial qui serait utilisé au moment de l'examen préalable à l'emploi. La Figure 7 en présente un exemple.

Diverses formules d'examen médical utilisées actuellement ont prouvé leur utilité aux fins des examens médicaux. Toutefois, les besoins spéciaux d'un système d'enregistrement des travailleurs de la liquéfaction du charbon et la nécessité d'utiliser des méthodes normalisées pour recueillir l'information de sources différentes pourraient nécessiter l'élaboration d'une nouvelle formule.

L'enregistrement des absences est normalement fait par le service du personnel. Il est important que le personnel de l'hygiène du travail qui participe à la surveillance de la santé des travailleurs de la liquéfaction du charbon puisse avoir accès à toutes les données concernant les absences.

Les registres de premiers soins et de déclaration d'accident utilisés dans l'industrie en vertu des lois sur les accidents du travail (dans le cas de la Fonction publique fédérale, les procédures figurent dans le document TB PROC 4-1), pourraient fournir des données utiles sur les blessures et les maladies subies au cours du travail. On pourrait envisager de les utiliser aux fins de la surveillance de la santé.

2.4 Profil d'exposition personnelle

Le profil d'exposition personnelle a pour but de fournir des données concernant le degré, la durée et la fréquence des expositions à des produits chimiques cancérigènes ou à d'autres dangers dans un milieu de travail donné. Il a trait au temps passé par les individus dans de tels milieux de travail. Il exigera également les résultats de certaines mesures (degré d'exposition) et comportera bon nombres des éléments d'une surveillance de l'hygiène industrielle comme les résultats des contrôles personnels, de la surveillance des zones de travail en temps réel et de prélèvements périodiques dans ces zones. Les données sur la durée de l'exposition devraient être obtenues du service du personnel ou l'on conserve des dossiers sur les heures de travail aux fins de la rémunération. Il faudrait peut-être élaborer un système plus approprié d'enregistrement de la durée de l'exposition en fonction du lieu ou de l'endroit précis du travail (basé sur le travailleur) selon le degré de précision requis aux fins de la surveillance de l'exposition et de la durée d'exposition.

2.5 Information connexe

Le module qui traite de l'information connexe a pour but d'enregistrer et de conserver les données concernant les techniques utilisées et de prendre note des modifications apportées aux procédés et d'autres données d'exploitation qui pourraient avoir un effet sur l'exposition; il s'occupe également de l'inventaire des substances et de tous les produits chimiques qui se retrouvent, sont utilisés et sont conservés sur les lieux du travail; il décrit les méthodes d'échantillonnage et d'analyse utilisées, avec les noms et les dates appropriés (dates des études); il renferme les codes sur l'état de santé et les accidents, les codes de classification de l'industrie et du travail, les vocabulaires, les données de surveillance générales de l'environnement (milieu ambiant) et de surveillance des produits liquides ainsi que tous les autres renseignements utiles pour assurer le bon fonctionnement d'un système de surveillance de la santé.

3. Transmission des données à un système d'enregistrement des travailleurs

L'économie des ressources utilisées et l'enregistrement précis de même que la transmission fidèle des données sur la santé, sans oublier le maintien du degré souhaité de confidentialité, sont des facteurs importants pour le succès d'un système d'enregistrement.

Il existe plusieurs façons de transmettre régulièrement des données confidentielles sur la santé. Un exemplaire du dossier original, comme la formule de l'examen médical, pourrait être transmis. Il faudrait toutefois modifier les formules utilisées actuellement car les personnes y sont identifiées de façon

précise. On pourrait également transmettre les données sous une forme qui pourrait être traduite sur ruban magnétique. La formule pourrait également être adaptée pour fournir à l'unité de santé du travail un résumé des données sur la santé générée au cours d'un mois, d'un semestre ou même d'une année.

La Figure 8 présente un aperçu des données qui pourraient être requises pour la tenue d'un registre sur la surveillance de la santé. On y trouve le mimimum de données d'identification nécessaire pour avoir accès au registre. On indique pour chaque employé le type de surveillance de la santé qui peut s'appliquer, c'est-à-dire un examen médical préalable à l'emploi (PPM), un examen médical périodique (PEM), une évaluation provisoire de la santé (IHA) effectuée périodiquement au lieu d'un examen médical complet et les consultations (CON) désignant tous les autres contacts avec le personnel de l'hygiène du travail. Dans ce dernier cas, on pourrait également envisager d'évaluer les formules de signalement de premiers soins ou de déclaration de blessures et de maladies qui sont exigées aux termes des lois sur les accidents du travail ou d'autres règlements, surtout dans les cas où il n'y a pas toujours de personnel médical sur les lieux.

Toutes les circonstances entourant une intervention dans le cadre de la surveillance médicale doivent être notées. Cela comprend les raisons de l'intervention, les symptômes signalés, les résultats de l'examen et les diagnostics. Toutefois, la quantité de données qu'il faudrait consigner pour répondre aux besoins d'un épidémiologiste pourrait présenter un problème. De plus, il est probable que le coût d'entreposage des données sera proportionnel à la quantité de données entreposées. On sera donc enclin à ne conserver que la quantité de données nécessaires à des fins particulières. Toutefois les choix pourraient être difficiles si l'on veut tenir compte des besoins futurs de l'épidémiologiste. On pourrait à la rigueur ne conserver que les résultats anormaux et se débarrasser de tous les résultats considérés comme normaux ou se situant dans la plage de normalité. Un système de vérification périodique de tous les résultats d'examen ou d'intervention spéciale doit donc faire partie intégrante du système d'enregistrement et en représenter une fonction. De la même façon, un individu qui ne figure pas sur le résumé annuel est réputé ne pas avoir vu le médecin ou le personnel de santé, n'avoir eu aucun symptôme à déclarer ni aucune blessure. Une personne dont les résultats sont totalement négatifs mais qui a consulté au cours de l'année devrait être inscrite dans le registre avec l'explication appropriée, par exemple rien à signaler (RAS). Tout résultat anormal faisant suite à une intervention spéciale devrait être traité de la même façon.

Les fonctions de tous les employés devraient également faire l'objet d'une révision annuelle et seraient incorporées au système d'enregistrement. On noterait ainsi tout changement dans le type de travail et la durée de l'emploi. Toute modification de caractéristiques liées à la santé des individus qui ne serait pas signalée ailleurs devrait être consignée et inscrite dans le système d'enregistrement, par exemple la modification du mode de vie ou des risques assumés et des changements concernant les antécédents familiaux de l'employé. La Figure 9 présente le type d'information à fournir.

4. Entreposage de l'information

Trois principaux domaines d'information sont envisagés. Le premier doit renfermer toute l'information concernant un individu (fichier des antécédents personnels) dont on peut tirer des données pour rédiger deux types de rapports: un résumé de tous les résultats de santé accumulés, mis à jour chaque année sous la forme d'un profil d'état de santé d'un individu ou d'un groupe, et un profil de l'exposition d'un individu ou d'un groupe, pendant une année ou pendant toute la vie.

Le fichier des antécédents personnels est basé sur celui qui est utilisé dans le Fichier dosimétrique national[162]. Il renfermerait toutes les données accumulées pour chaque travailleur. Il devrait comprendre toutes les données mentionnées pour les modules 1 à 3 (Annexe B) ainsi que les données sur l'exposition personnelle provenant du module 4. Ce fichier devrait être mis à jour annuellement à l'aide des données obtenues grâce aux formulaires d'information sur la santé. Ce fichier devrait être conservé sur microfilm ou microfiche à intervalles réguliers comme on le fait pour le Fichier dosimétrique national.

Le principal objectif du profil d'état de santé ou de la mise à jour annuelle de l'état de santé d'un individu est de servir à la surveillance de la santé. Les résultats doivent souligner les premières déviations par rapport aux données de base qui ont été établies lors du premier examen médical complet. La Figure 10 présente un exemple d'un tel résumé annuel.

Le profil d'exposition au cours d'une année ou au cours de toute la vie fournirait les antécédents de travail de chaque employé pendant toute sa vie selon certaines catégories de travail et en fonction de la durée de l'exposition (mesurés dans les unités les plus appropriées, par exemple, heures, jours, semaines ou mois). Des profils pourraient également être établis pour l'exposition à certains risques ou substances indicatrices selon le degré d'exposition.

La Figure 11 présente le mode de circulation des données d'un module d'information à un autre ou au centre principal d'entreposage de l'information. On mentionne également dans la Figure 11 les domaines d'information qui relèvent du personnel, des services de la santé et de la sécurité du travail ainsi que le type d'information qui est jugé nécessaire aux fins de la surveillance de la santé et des recherches épidémiologiques.

5. Normes et codes

Les normes et les codes jouent un rôle essentiel dans la gestion d'un système d'enregistrement. Ainsi, les normes et les codes élaborés par Statistique Canada devraient être adoptés dans la mesure ou ils existent déjà. Il s'agit par exemple des codes géographiques et des codes utilisés pour indiquer le pays, la province, le sexe et l'état civil.

Les normes élaborées pour identifier les données requises pour faire les recherches dans la banque de données sur la mortalité sont tout particulièrement utiles. Ces normes ont pour but de veiller à ce que les indicatifs nécessaires soient présents

sous une forme utilisable sur les bandes. Cette normalisation[163] a un effet sur:

- le genre de données d'identification qui seront entrées sur la bande;
- le nombre de caractères à entrer pour chaque indicatif;
- la structure selon laquelle les noms des personnes et les noms des endroits seront entrés;
- la façon de coder les données, là ou des codes sont requis; et
- la façon d'entrer les données susceptibles d'être comparées dans les divers champs des fichiers qui doivent faire l'objet d'un tri.

La norme prévoit au moins dix caractères par nom de famille. On peut utiliser un plus grand nombre de caractères. On peut le voir dans les tableaux qui présentent les données concernant la banque de données sur la mortalité, le Bureau d'enregistrement de l'Institut national du cancer et le Fichier dosimétrique national. Le Tableau 20 compare le nombre de caractères utilisés à des fins d'identification dans ces banques de données et d'autres. Il pourrait être judicieux de prévoir un plus grand nombre de caractères pour les noms de famille au début, car il sera plus facile de réduire que d'augmenter le nombre de caractères une fois le système mis sur pied. La dernière colonne propose le nombre de caractères à affecter à chaque élément d'identification.

Afin de préserver le caractère confidentiel des données sur la santé et d'entreposer le grand nombre de données requises, il devient nécessaire de coder l'information. Pour répondre à ce besoin, nous avons élaboré un code de trois chiffres pour identifier les interventions ayant trait à des problèmes de santé, code basé sur la Classification internationale des maladies[164] (Annexe C). Nous avons tenté d'adapter la codification standard de la CIMA aux besoins des groupes professionnels tout en veillant à ce que les données de surveillance de la santé puissent être comparées aux données entreposées dans d'autres banques de données sur la morbidité et la mortalité. Il s'agit toutefois d'un code fort simplifié car il réduit une grande quantité de données à classer à environ 190 entités. La codification des problèmes de santé exclut par exemple de nombreuses maladies infectieuses non susceptibles d'avoir une origine du travail. Par ailleurs, sont incluses des catégories ayant trait aux raisons pour lesquelles les travailleurs consultent le personnel médical, les symptômes et les causes de blessures, intoxications et autres maladies comme le cancer, qui ont une importance toute particulière pour la surveillance de la santé au travail.

Dans la codification des problèmes de santé, il y a une série de codes marqués d'un astérisque qui identifient des problèmes de santé dit "sentinelles", c'est-à-dire des maladies, des incapacités ou des décès précoces qui, d'après la littérature scientifique, peuvent avoir une origine du travail. L'apparition de ces problèmes sentinelles pourrait donc indiquer aux autorités qu'il est nécessaire de remplacer le matériel, d'exercer un contrôle technique, de protéger les employés ou de leur fournir des soins médicaux[165].

La codification des problèmes de santé devrait être suffisamment précise pour identifier et consigner toutes les manifestations pathologiques qui touchent tout particulièrement les travailleurs de la liquéfaction du charbon. En ce qui a trait à la peau, par exemple, le code pourrait indiquer les manifestations suivantes:

Les brûlures d'origine du travail ou les brûlures sans localisation précise	949
La pigmentation due à une sensibilisation chimique	709
La dermite de contact (dûe à des substances comme les phénols, les caustiques, les acides, les huiles, les métaux, par exemple, le nickel, etc.)	692
Les furoncles et la furonculose	680
La folliculite	704
L'acné (d'origine du travail)	706
La kératose	701
Les tumeurs bénignes - papillomes	216
Les tumeurs malignes de la peau	173

En ce qui a trait aux codes utilisés pour les résultats d'interventions spéciales ou de techniques particulières de dépistage qui ont été effectués pour appuyer des examens médicaux, on peut utiliser un simple code extensible pour les résultats positifs ou anormaux uniquement si des chiffres plus détaillés ne sont pas requis.

Il faut également considérer les codes affectés aux professions. On pourrait par exemple utiliser la Classification canadienne descriptive des professions[166], élaborée et utilisée par Statistique Canada à des fins de recensement. La classification comprend quatre niveaux de plus en plus détaillés: les grands groupes, les sous-groupes, les groupes de base et les désignations de profession. La classification dans les grands groupes correspond étroitement aux groupes d'industrie. Les travailleurs de la liquéfaction du charbon, par exemple, pourraient être classés dans les grands groupes 81/82, dans les sous-groupes 816/817, dans les groupes de base 8160 à 8179 et dans un grand nombre de professions. Ce système peut regrouper des personnes d'une même industrie même si les tâches qu'elles exécutent sont semblables à celles qui sont exécutées dans d'autres industries. Le système regroupe les personnes même si elles ne sont pas exposées aux mêmes dangers. Cela équivaudrait à une mauvaise classification au sens épidémiologique et aurait tendance à masquer les associations entre les maladies et l'exposition[167] telles qu'identifiées en fonction de la profession.

Toutefois, l'épidémiologiste s'intéresse au regroupement des professions en fonction des produits chimiques ou d'autres agents auxquels des sujets peuvent être exposées. Dans le cas des travailleurs de la liquéfaction du charbon, où les activités des travailleurs peuvent être évaluées en fonction d'un environnement de travail suffisamment bien défini, cela pourrait ne pas être critique. Un système de surveillance de la santé du travail plus général exigerait toutefois l'adoption ou la formulation d'un code semblable au système élaboré par Hoar et coll.[168] qui établit un lien entre la profession et l'exposition.

Au chapitre de la normalisation, mentionnons la nécessité d'uniformiser le matériel informatique. Avant d'utiliser un système, il est donc nécessaire d'étudier et de définir les

besoins du système au plan informatique ainsi que d'élaborer des directives concernant l'acquisition de matériel informatique pour les questions reliées à la santé du travail dans les divers établissements où on effectue la liquéfaction du charbon.

6. Caractère confidentiel de l'information

Le caractère confidentiel de l'information conservé dans des banques de données est garanti par les dispositions de la Loi sur l'accès à l'information. En vertu de cette Loi, l'individu est protégé expressément contre la divulgation injustifiée de renseignements personnels (article 3 de la Loi). Au sein de la Fonction publique fédérale, on doit également demander la permission au Conseil du Trésor pour exploiter une banque de données, et une description des objectifs de la banque de données ainsi que le type d'informations qui seront recueillies sont publiées dans le Catalogue des banques de données fédérales.

L'exploitation d'une banque de données au sein du gouvernement fédéral doit également respecter les directives établies par SBSC concernant le traitement des renseignements confidentiels. En général, l'accès est réservé uniquement aux personnes qui ont besoin de consulter ces données. Le caractère confidentiel de l'information peut également être protégé en utilisant des codes, le brouillage des numéros d'assurance sociale et des mots de passe.

Le caractère confidentiel de l'information contenue dans la banque de données sur la mortalité exploitée par Statistique Canada est strictement protégé par les dispositions de la Loi sur la statistique.

7. Nécessité de dispositions quant au suivi

Étant donné les longues périodes de latence qui peuvent précéder la manifestation d'effets néfastes due à une exposition de faible intensité, il faut conserver les dossiers pendant une longue période. On a proposé par exemple que les industries conservent les dossiers de surveillance de la santé pendant une période de 20 à 30 ans. La période pourrait dépasser les cinquante ans car le suivi devrait se poursuivre au cours de la retraite de l'employé. Les systèmes de collecte de dossiers doivent être adaptés aux besoins d'un suivi à long terme. Il faut également prendre des dispositions pour encourager les travailleurs à fournir des renseignements au cours des études ou enquêtes périodiques qui pourraient s'avérer nécessaires dans le cadre du suivi.

8. Publication potentielle des rapports

À l'aide des données entreposées dans un système d'enregistrement des travailleurs, il serait possible de publier régulièrement des rapports périodiques sur la santé et la sécurité des travailleurs. Ces rapports devraient renfermer des données statistiques (nombre d'employés, nombre d'examens médicaux et autres interventions ayant trait à la santé) des renseignements de nature descriptive (modifications du niveau d'exposition dans une usine, tendances concernant les symptômes, les maladies, etc.) et des résultats d'analyse (mesure du risque, efficacité des activités de surveillance).

VI Conclusions

1. Les principaux dangers auxquels sont exposés les travailleurs de la liquéfaction du charbon dans leur milieu de travail sont l'exposition cutanée et par inhalation aux hydrocarbures polynucléaires aromatiques (HPA), l'intoxication aiguë par des gaz toxiques comme l'oxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène, l'asphyxie due à des atmosphères pauvres en oxygène dans les espaces clos, les incendies, les explosions, les brûlures thermiques, le bruit, les poussières de charbon et de catalyseur.

2. Le danger le plus difficile à contrôler est l'exposition aux HPA, aux produits chimiques cancérigènes et mutagènes qui constituent les sous-produits de tous les procédés de liquéfaction du charbon. Outre l'application d'un programme détaillé de mesures de protection personnelle, il faut exercer une surveillance constante de l'équipement avec des instruments fonctionnant en temps réel pour déceler les émissions fugitives et il faut également passer les outils et les surfaces aux détecteurs UV pour déceler la contamination par les HPA.

3. Les travailleurs les plus exposés dans les usines de liquéfaction du charbon semblent être les préposés à l'entretien et ceux qui travaillent dans les laboratoires. Les travailleurs appartenant à des sociétés contractantes extérieures peuvent être massivement exposés sans être au courant des dangers.

4. Les mesures pour protéger la santé et la sécurité des travailleurs dans les usines canadiennes semblent être adéquates au niveau actuel d'activités de ces usines même si les mesures de protection ne sont pas uniformes et qu'il n'y a habituellement pas de directives écrites en matière de santé et de sécurité. Des procédures écrites seraient utiles pour ce qui touche la contamination de la peau et la formation des nouveaux employés. On doit également insister pour que soient disponibles des douches d'urgence, des bassins oculaires, des couvertures ignifugées, des trousses de premiers soins, des agents de sécurité et des comités de sécurité, le matériel et la marche à suivre en cas d'urgence. Il serait utile de normaliser les pratiques et les procédures de sécurité à l'échelle nationale.

5. Au cours d'études sur la contamination de l'air dans les usines de liquéfaction du charbon de *BC Research* (Vancouver), de *Sandwell Beak Research Group* (Mississauga) et du CANMET (Ottawa), en 1983, les concentrations de produits volatils de brai de houille dépassaient les valeurs limites d'exposition pour de courtes périodes, ce qui indique que les travailleurs peuvent être exposés de façon significative à des HPA aéroportés. La première mesure à prendre serait de mesurer la concentration des produits volatils de brai de houille et de certains composés indicateurs des HPA dans toutes les usines expérimentales canadiennes et de verser les résultats au dossier d'exposition des employés. Les méthodes d'entretien devraient figurer dans les activités étudiées.

6. Aucun programme de surveillance courant de l'hygiène industrielle n'a été instauré jusqu'à maintenant dans les établissements de recherche au Canada. En outre, les travailleurs de deux usines seulement bénéficient actuellement d'un programme de surveillance médicale. Il faut promouvoir l'instauration de programmes élaborés d'hygiène industrielle et de surveillance médicale dans toutes les usines canadiennes.

7. La cueillette de données sur le milieu de travail et la santé des travailleurs fait partie intégrante d'un programme de surveillance de la santé. Lorsqu'on utilise ces données dans une étude épidémiologique, il peut être possible d'identifier les risques, de quantifier les risques associés à certaines expositions au travail et de faciliter l'évaluation à long terme de l'efficacité des méthodes de contrôle.

8. En dépit des nombreuses améliorations apportées aux techniques et aux méthodes de contrôle médical, la santé des travailleurs est toujours menacée de façon significative à court et long terme. Étant donné qu'il faut parfois attendre très longtemps avant que ne se manifestent les effets d'une exposition à faible intensité, la surveillance de la santé (ainsi que la tenue d'une base de données) doit être maintenue pendant une longue période. La mise sur pied d'un système d'enregistrement national des travailleurs de la liquéfaction du charbon facilitera cette surveillance à long terme et constituera une solution au problème de la mobilité des travailleurs et des petits groupes de travailleurs actuellement éparpillés dans tout le pays.

9. Le personnel responsable de l'hygiène industrielle, de la santé et de la sécurité doit être consulté également au cours des diverses phases de planification des prochaines usines à l'échelle pilote et industrielle, avant leur construction. Il faut étudier tous les documents et plans pour identifier les dangers liés à la santé et à la sécurité et pour recommander des solutions. Cette étude doit se poursuivre au cours de la phase de pré-construction, de la mise en service de l'usine et pendant toute la durée de l'exploitation de l'usine.

10. De nombreuses études ont été réalisées en rapport avec des usines de conversion du charbon à l'échelle pilote et industrielle qui fonctionnent actuellement ou sont proposés aux États-Unis, pour identifier et quantifier les émissions, pour évaluer les risques, pour mieux contrôler les sources d'émission et pour mettre au point des appareils de protection personnelle et des instruments de surveillance. Il faudrait étudier cette base de données et l'accroître au besoin en relation avec les développements proposés au Canada. Des profils d'activité toxicologiques et biologiques doivent être élaborés en rapport avec les produits de tous les procédés utilisés au Canada.

VII Recommandations

A. Étant donné la nature particulière des dangers auxquels les travailleurs de la liquéfaction du charbon sont exposés au Canada, il faut promouvoir activement la surveillance de la santé de tous les travailleurs et, le cas échéant, élaborer des directives uniformes pour l'établissement d'un programme de surveillance de la santé à l'échelle nationale. Un programme de surveillance de la santé devrait comprendre les éléments suivants:

1. Un programme de surveillance médicale pour tous les employés exposés dans les usines de liquéfaction du charbon et dans les laboratoires d'analyse qui y sont reliés ainsi que pour tous les employés préposés à l'entretien ou qui sont à contrat et qui peuvent être exposés de façon répétitive à des hydrocarbures polycycliques aromatiques. Le programme devrait comprendre des examens médicaux préalables à l'emploi et des examens médicaux périodiques appuyés par des interventions spéciales et des épreuves de laboratoire déterminées, portant principalement sur des organes comme la peau, les poumons, les reins et le foie. Tous les travailleurs devraient subir au moins un examen annuel. Des services d'urgence médicale et de premiers soins devraient être disponibles.

2. Un programme de contrôle de l'hygiène industrielle et de surveillance de l'exposition dont l'accent est mis sur l'élaboration et l'adoption de directives concernant les contrôles techniques, le matériel de protection personnelle et la surveillance de l'exposition. Des procédures écrites et des fiches de sécurité doivent être prévues pour toutes les substances chimiques. La surveillance doit inclure le dosage périodique des produits volatils du brai de houille et de certains HPA indicateurs ainsi que la surveillance régulière des gaz toxiques. Les préposés à l'entretien doivent faire partie du programme.

3. L'élaboration d'un système de dossiers ou d'une base de données pour conserver les données d'identification personnelle, les antécédents de travail et de santé ainsi que l'information concernant la surveillance du milieu et la surveillance personnelle. L'information doit être recueillie, entreposée et analysée. Des mesures adéquates doivent être prises pour préserver le caractère confidentiel des données.

B. Un système d'enregistrement des travailleurs de la liquéfaction du charbon doit être établi en vue de faciliter le suivi à long terme des travailleurs de la liquéfaction du charbon et de pouvoir comparer les données qui seront recueillies pour les divers petits groupes de travailleurs de la liquéfaction du charbon disséminés dans tout le Canada. Le système d'enregistrement pourrait, le cas échéant, être augmenté de façon à inclure toutes les personnes travaillant actuellement ou qui travailleront à l'avenir dans la production des nouveaux combustibles synthétiques.

C. Il est recommandé que le gouvernement fédéral (Santé et Bien-être social Canada et Énergie, Mines et Ressources) mette sur pied un projet de démonstration, en rapport avec les travailleurs qui relèvent de sa compétence, pour promouvoir une surveillance plus étroite de la santé chez les travailleurs de la liquéfaction du charbon et pour mettre sur pied un système d'enregistrement à l'échelle nationale. Un comité consultatif, composé d'experts dans le domaine et de représentants de tous les participants, doit être mis sur pied pour se prononcer sur toutes les questions ayant trait au système de surveillance de la santé, ainsi qu'à la promotion des échanges de données avec d'autres programmes de surveillance de la santé des travailleurs de la liquéfaction du charbon au Canada et aux États-Unis.

Références bibliographiques

1. Schweighardt, F.K. Coal Liquefaction: Process Description and Effluent Characterization. Coal Conversion and the Environment: Chemical Biomedical and Ecological Considerations. Proceedings of 20th Annual Life Sciences Symposium, Richland, Washington, 1980, NTIS DF82000105, 1981.

2. Meyers, R.A. Éditeur. Coal Handbook. TRW Energy Systems Group Redondo Beach California, Marcel Dekker Inc., New York et Bâle, 1981.

3. Sexton, R.J. The Hazards to Health in the Hydrogenation of Coal, I, An Introductory Statement. Arch. Environ. Health. 1:15-20, 1960.

4. Langhoff, J., Wolowski, E., Dohms, K., Holighaus, R. et Graeser, U. The Liquefaction of Hard Coal in Ruhrkohle/Veba Oel's Pilot Plant at Bottrop. Proceedings: Conference on Coal Gasification Systems and Synthetic Fuels for Power Generation. Volume 2: EPRI AP-4257-SR. Project TCO-83-933, pp. 31-1 – 31-29, décembre 1985.

5. Wurfel, H. Saarberg Coal Liquefaction Developments. Proceedings: Conference on Coal Gasification Systems and Synthetic Fuels for Power Generation. Volume 2: Electric Power Institute. Palo Alto, California. pp. 32-1 – 32-16. EPRI AP-4257-SR, 1985.

6. Occupational Hazard assessment - Coal Liquefaction. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, mars 1981.

7. Kelly, J.F. Coal Liquefaction - A Technical Perspective. Programme de recherche énergétique, Laboratoire de recherche sur l'énergie, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, février 1980, ERP/ERL 80-67 (R).

8. Environmental Monitoring Plan, Dow Syngas Program, 16 novembre 1984, P.O. Box 150, 5701 Building, Plaquennent, Louisiana 70865, USA.

9. Environmental Monitoring Plan, Cool Water Gasification Program, 9 mars 1984, Dagget, P.O. Box 267, California 92327, USA.

10. Dreibelbis, W. The UMD Gasifier in Industrial Hygiene-Occupational Medicine Programs. Proceedings of Workshop on Industrial Hygiene and Occupational Medicine in Coal Conversion Projects, Washington, D.C., 6-7 novembre 1980, U.S. Department of Energy CONF-801143, p. 43-49, septembre 1981.

11. Boomer, E.H. Saddington, A.W. et Edwards, J. The Hydrogenation of Alberta Coals. II Comparative Data on Thirteen Coals of Various Ranks and Two Suspension Media, Tetralin and Liquid Petrolatum. Can. J. Res. 13:(2-4), 1935.

12. Jervis, R.E., Richard HO, K.L. et Tiefenbach, B. Trace Impurities in Canadian Oil Sands, Coals and Petroleum Products and Their Fate During Extraction, Up-Grading and Combustion. J. Radioanalyt. Chem. 71:225-241, 1982.

13. Kelly, J.F. Coal Liquefaction in Canada - The CANMET Program. Can. Mining Metalurgical Bull. 1-9, février 1981.

14. Koppenall, D.W. et Manahan, S.E. Hazardous Chemicals from Coal Conversion Processes. Environ. Science Technol., 10:1104-1107, novembre 1976.

15. Nowacki, P. Health Hazards and Pollution Control in Synthetic Liquid Fuel Conversion. Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, USA 1980, ISBN 0-8155-0810-7.

16. Munro, N.B., Fry, R.J.M., Gammage, R.B., Hachek, W.M., Calle, E.E., Klein, J.A. et Schultz, T.W. Indirect Coal Liquefaction: A Review of Potential Health Effects and Worker Exposure During Gasification and Synthesis. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 37830, ORNL-5938, janvier 1983.

17. du Plessis, M.P. Coal Utilization Options for Future Energy and Feedstock Supplies. Chemical Institute of Canada Exposition, Calgary, Alberta, 5-8 juin 1983.

18. du Plessis, M.P. Alberta Research Council: ENR-ARC Coal Conversion Research Program. Second Quarter Progress Report. Alberta Research Council. 1er juillet 1983 - 30 septembre 1983.

19. du Plessis, M.P. Alberta Research Council: ENR-ARC Coal Conversion Research Program. First Quarter Progress Report. Coal Research Department. Alberta Research Council. 1983.

20. Chakrabartty, S.H. et du Plessis, M.P. Liquefaction Behaviour of Cretaceous Subbituminous Coals Part I. Coal Characteristics and Conversion Yield. Coal Research Department. Alberta Research Council. 1983.

21. Starzomski, J.J., Jay, D.M. et Le Doe, J.K. Liquefaction of Nova Scotia Coals. Proceedings of Coal Liquefaction Contractors Review Meeting, CANMET, 81-115, 1983.

22. Starzomski, J.J. et Jay, D.M. Liquefaction of Nova Scotia Coals. Phase IV. Studies on High Pressure Donor Solvent Liquefaction and Catalytic Hydrogenation of Sydney Area

Coals. Final Report for Period June 22, 1981 to March 31, 1983, prepared for the federal Department of Energy, Mines and Resources and the Nova Scotia Department of Mines and Energy.

23. Starzomski, J.J. et Jay, D.M. Liquefaction of Nova Scotia Coals, Phase V, Studies on Single-Stage Catalytic Hydrogenation and Two-Stage Thermal/Catalytic Liquefaction, Final Report for Period September 20, 1983 to September 20, 1984, prepared for the federal Department of Energy, Mines and Resources and the Nova Scotia Department of Mines and Energy.

24. Anderson, N.E. et Chao, C.C. The CANMET Hydropyrolysis Program, Proceedings of Coal Contractors Review Meeting, p.145-155, 1983.

25. Kelly, J.F. Éditeur. Compte rendu de la rencontre d'étude des entrepreneurs en liquéfaction du charbon, 8-9 novembre, 1982, Centre des publications du gouvernement du Canada, M39-11/1983, (Citant K. Witham).

26. Lunin, G., Silva, A.E. et Denis, J.M. The CANMET Hydrocracking Process, Up-grading of Cold Lake Heavy Oil, Chemistry in Canada, p. 17-22, mars 1981.

27. MacFarland, H.N. Health Problems Associated with Refining of Alternate Fossil Fuels, Proc. Am. Petroleum Inst., 58:367-368, 1977.

28. Stetter, J.R. Instrumentation to Monitor Chemical Exposure in the Synfuel Industry, ACGIH Transactions - 1984, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, 1984.

29. Tanita, R., Tolesca, D., Walker, J. et Berardinelli, S. Organic Contaminants in Direct Coal Liquefaction - A Preliminary Assessment, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 41, 851-853, 1980.

30. Ono, Y., Takenchi, Y., Hisanaga, Y., Iwata, M., Kitoh, J. et Segiura, Y. Neurotoxicity of Petroleum Benzene Compared with n-Hexane, Int. Arch. Occup. Environ. Health, 50:219-229, 1982.

31. Mahlum, D.D. Chemical, Biological and Ecological Studies of SRC-I materials from the Fort Lewis Pilot Plant: A Status Report, Battelle Pacific Northwest Laboratory, NTIS, Springfield, Virginia, PNL3474/Uc90d, janvier 1981.

32. Biomedical Studies on Solvent Refined Coal (SCR II) Liquefaction Materials: A Status Report, Battelle Pacific Northwest Laboratory, NTIS, Springfield, Virginia, PNL-3189, octobre 1979.

33. Guerin, M.R., Rubin, I.B., Rao, T.K., Clark, B.R. et Epler, J. I. Distribution of Mutagenic Activity in Petroleum and Petroleum Substitutes, Fuel, 60:282-288, 1981.

34. Hueper, W.C. Experimental Studies on Cancerigenesis of Synthetic Liquid Fuels and Petroleum Substitutes, Arch. Industr. Hyg. Occup. Med. 8:307-327, 1953.

35. Weil, C. et Condra, N.I. The Hazards to Health in the Hydrogenation of Coal, II. Carcinogenic Effect of Materials on the Skin of Mice, Arch. Environ. Health, 1:21-27, 1960.

36. Bogovski, P.A. et Mirme, H.I. Cocarcinogenicity of Phenols from Estonian Shale Tars (Oils), Environ. Health Pers. 30:177-178, 1979.

37. Witschi, H.P. Acute Toxicity Studies with Syncrude and Natural Petroleum, Quarterly Report 9/30/78 ORNL/TSCA, 1978.

38. Epler, J.L., Fry, R.J.M. et Larimer, F.W. Health Effects Research in Direct Coal Liquefaction, Studies of H-Coal Distillates: Phase I, PDU Samples - The Effects of Hydrotreatment, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 37830, ORNL/TM-8071, novembre 1981.

39. MacFarland, H.N. Toxicological Studies on Solvent Refined Coal Materials, in Toxicology and Occupational Medicine, William D. Deichmann, Organizer, Elsevier/North Holland, New York, 271-280.

40. Calkins, W.H., Deye, J.F., Hartgrove, R.W., King, C.F. et Krahn, D.F. Synthetic Crude Oils from Coal: Mutagenicity and Tumor Initiation Screening Tests, Coal Conversion and the Environment: Chemical, Biomedical and Ecological Considerations, Proceedings of the 20th Annual Harford Life Sciences Symposium at Richland, Washington, 1980, NTIS DE82000105, 1981.

41. Rao, T.K. Analytical and Biological Analyses of Test Materials from the Synthetic Fuel Technologies, II Extended Genetic and Biochemical Studies with Mutagenic Fractions, Mut. Res. 54:185-191, 1978.

42. Guerin, B.R. Polycyclic Aromatic Primary Amines as Determinant Chemical Mutagens in Petroleum Substitutes, Environ. Res 23:42-53, 1980.

43. Epler, J.L. Analytical and Biological Analyses of Test Materials from the Synthetic Fuel Technologies, I. Mutagenicity of Crude Oils Determined by the *Salmonella Typhimurium/Microsomal Activation System*, Mut. Res. 57:265-276, 1978.

44. Greenly, W.B., Barta, W.D. et Eddinger, R.T. Literature Review of Toxicological Properties of Petroleum and Coal-Derived Oil Products, Fuel Processing Technology 6:9-25, 1982, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

45. Hsie, A.W. Mutagenicity of Alkaline Constituents of a Coal Liquefied Crude Oil in Mammalian Cells, Mut. Res. 78:79-84, 1080.

46. Calkins, W.H. Synthetic Crude Oils Carcinogenicity Screening Tests-Progress Report, 2/15/79-9/15/79, E.I. du Pont de Nemours & Company, Inc., 1979.

47. Frazier, M.E. et Andrews, T.K. Jr. Transformation of Syrian Hamster Embryo Cells by Synfuel Mixtures, J. Toxicol. Environ., Health 11:(4-6) 591-606, 1983.

48. Later, D.W., Pelroy, R.A., Mahlum D.D., Wright, C.W., Lee, M.L., Weimer, W.C. et Wilson, B.W. Identification and Comparative Genotoxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Related Nitrogen-Containing Heteroatomic Species in Products from Coal Liquefaction Processes.

49. Toste, A.P., Sklarew, D.S. et Pelroy, R.A. Comparison of Chemical and Mutagenic Properties of a Coal Liquid and a Shale Oil, Coal Conversion and the Environment, Chemical, Biological and Ecological Considerations, Proceedings of the 20th Annual Harford Life Sciences Symposium, pp. 96. NTIS DE87000105, 1981.

50. Epler, J.L. Comparative Mutagenesis of Test Materials from the Synthetic Fuel Technologies, Second Int. Conf. on Environmental Mutagens, Edinburgh, juillet 1977.

51. Holland, J.M., Rahn, R.O., Smith, L.H., Clark, B.R., Chang, S.S. et Stephens, T.J. Skin Carcinogenicity of Synthetic and Natural Petroleums, J. Occup Med. 21: 614-618, 1979.

52. Holland, J.M., Whitaker, M.S. et Wesley, J.W. Carcinogenicity of Syncrudes Relative to Natural Petroleum as Assessed by Repetitive Mouse Skin Application, Synthetic Fossi-Fuel Technology: Potential Health and Environmental Effects, Proceedings of the First Annual Oak Ridge National Laboratory Life Sciences Symposium, 25-28 septembre 1978, 137-142, 1978.

53. Annual Report for 1980 to the DOE Assistant Secretary for Environment, Part I, Biomedical Sciences, Battelle Pacific Northwest Laboratory, février 1981, NTIS, Springfield, Virginia, PNL-3700 PTI/uc-48.

54. Kostial, K., Blanusa, B., Rabar, I., Maljkovic, T., Kello, D., Landeka, M., Bunarevic, A. et Stara, J.F. Chronic Studies in Rats Exposed to Liquid Effluent from Coal Gasification Process, J. Appl. Toxicol. 1: 310, 1981.

55. Epler, J.L., Fry, R.J.M., Rao, R.K., Larimer, F.W., Dumont, J.N., Schultz, T.W., Russell, L.B., Generoso, W.M., Witsch, H., Smith, L.H., Haschek, W.M. et Holland, J.M. Biomedical Response to Products and Effluents from the University of Minnesota - Duluth Gasifier, Oak Ridge National Laboratory, septembre 1983, ORNL/TM-8821.

56. Reilly, C.A., Boparai, A.S., Bourne, S., Flotard, R.D., Haugen, D.A. Jones., R.E., Kirchner, F.R., Matsushita, R., Peak, M.J., Stamoudis, V.C., Stetter, J.R. et Wilzbach, K.E. EPA Environmental Aspects of Fuel Conversion Technology - VI, A Symposium on Coal-Based Synfuels, Denver, Colorado, 26-30 octobre 1981.

57. Dumont, J.N. et Schultz, T.W. Effects of Coal Gasification Sour Water on *Xenopus Laevis* Embryos, J. Environ. Sci. Health A15:127-138, 1980.

58. Reilly, C.A., Jr., Peak, M.J., Matsushita, T., Kirchner, F.R. et Haugen, D.A. Chemical and Biological Characterization of High Btu Coal Gasification (The Hygas Process) IV, Biological Activity, Coal Conversion and The Environment: Chemical, Biomedical and Ecological Considerations, Proceedings of the 20th Annual Harford Life Sciences Symposium at Richland, Washington, 1980, NTIS-DE82000105 1981.

59. Stamoudis, W.C., Bourne, S., Haugen, D.A., Peak, M.J., Reilly, C.A., Stetter, J.R. et Wlzbach, K. Chemical and Biological Characterization of High Btu Coal Gasification (The Hygas Process) I, Chemical Characterization of Mutagenic Fractions, Coal Conversion and The Environment: Chemical, Biomedical and Ecological Considerations, Proceedings of the 20th Annual Harford Life Sciences Symposium at Richland, Washington, p. 67, 1980 NTIS-DE 820000105 1981.

60. Thomas, J.A. Reproductive Hazards and Environmental Chemicals: A Review, Toxic Subs. J. 2:318-352, 1981.

61. Toth, B. A. Critical Review of Experiments in Chemical Carcinogenesis Using Newborn Animals, Cancer Res. 28:727-738, 1968.

62. Roe, F.J.C., Carter, R.L. et Thwaite, S.A. Introduction of Liver and Lung Tumours in Mice by 6-Aminochrysene During the First Three Days of Life, Nature, 221:1063-1064, 1969.

63. Di Paola, J.A. et Kotin, P. Teratogenesis-Oncogenesis: A Study of Possible Relationships, Arch. Path. 81:3023, 1966.

64. Hydrocarbures aromatiques polycycliques, Santé et Bien-être social Canada, Direction de l'hygiène du milieu, Direction générale de la protection de la santé, Document sur les critères de l'hygiène du milieu, 80-EHD-50, 1979.

65. Bratina, J.E., Craun, J.C., Fillo, J.P., Herman, D. et Nakles, D.V. Assessment of Health, Safety and Environmental Impacts of Department of Energy Coal Conversion Processes, Final Report for July 2, 1980 - December 31, 1982, US Department of Energy, January, 1983, DOE/ET/14746-12 (DE83012508).

66. Lloyd, J.W. Long-Term Mortality Study of Steelworkers, V. Respiratory Cancer in Coke Plant Workers, J. Occup. Med., 13:53-68, 1971.

67. Schultz, T.W., Dumont, J.N., Rao, T.K., Guerin, M.R., Ma, C.Y. et Epher, J.L. Evaluation of Hydrotreatment as a means of Reducing Biological Activity of Synfuel Related Materials, Environ. Res. 29:389-398, 1982.

68. Rom, W.N. et Kee, J. Energy Altervatives: What are Their Possible Health Effects, Environ. Sci. Technol. 17(3), 132a-144a, 1983.

69. Harris, L.R., Gideon, J.A., Berardinelli, S., Reed, L.D. et Dobbin, R.D. du National Institute of Occupational Health and Safety et Evans, J.M., Telesca, D.R. et Tanita, R.K. de Enviro Control, Inc., U.S. Department of Health and Human Services, NIOSH, Rockville, Maryland, Coal Liquefaction: Recent Findings in Occupational Safety and Health, juin 1980.

70. Longo, L.D. The Biological Effects of Carbon Monoxide on the Pregnant Woman, Fetus and Newborn Infant, Am. J. Obstet. Gynecol. 129:69-103, 1977.

71. Kurzel, R.B. et Cetrulo, C.I. The Effect of Environmental Pollutants on Human Reproduction, Including Birth Defects, Environ. Sc. Technol. 626-640, 1981.

72. Neurotoxic Effects of Organic Solvents Under Study in Sweden, Occupational Health and Safety Letter, 22 décembre 1983.

73. Juntunen, J., Antti-Poika, M., Tola, S. et Partanen, T. Clinical Prognosis of Patients with Diagnosed Chronic Solvent Intoxication, Acta Neurol. Scandinv. 65:488-503, 1982.

74. Wilcosky, T.C. et Tyroler, H.A. Mortality from Heart Disease Among Workers Exposed to Solvents, J. Occup. Med. 25:879-885, 1983.

75. Ketcham, M.H. et Norton, R.W. The Hazards to Health in the Hydrogenation of Coal. III The Industrial Hygiene Studies, Arch. Environ. Health 1:28-41, 1960.

76. Sexton, R.J. The Hazards to Health in the Hydrogenation of Coal IV. The Control Program and the Clinical Effects, Arch. Environ Health 1:208-231, 1960.

77. Palmer, A. Mortality Experience of 50 Workers with Occupational Exposures to the Products of Coal Hydrogenation Processes, J. Occup. Med. 21:41-44, 1979.

78. Shepard, H. Occupational Health Aspects Related to Coal Liquefaction, J. Soc. Occup. Med. 31:9-15, 1981.

79. Savitz, D.A. et Moure, R. Cancer Risk among Oil Refinery Workers: A Review of Epidemiologic Studies, J. Occup. Med., 26:662-670, 1984.

80. Reid, D.D. et Buck, C. Cancer in Coking Plant Workers, Br. J. Ind. Med., 13:265-269, 1956.

81. Wade, L. Observations on Skin Cancer Among Refinery Workers, Arch. Environ. Health, 6:730-735, 1963.

82. Decoufle, P. Cancer Mortality Among Workers Exposed to Cutting-Oil Mist, Ann. N.Y. Acad. Sc. 271:94-101, 1976.

83. Davies, G.M. A Mortality Study of Coke Oven Workers in Two South Wales Integrated Steel Works, Br. J. Industr. Med. 34:291-297, 1977.

84. Rushton, L. et Alderson, M.R. A Case-Control Study to Investigate the Association Between Exposure to Benzene and Deaths from Leukemia in Oil Refinery Workers, Br. J. Cancer, 43:77-83, 1981.

85. Hanis, N.M., Holmes, T.M., Shallenberger, L.G. et Jones, K.E. Epidemiologic Study of Refinery and Chemical Plant Workers, J. Occup Med. 24:203-212, 1982.

86. Rushton, L. et Alderson, M.R. Epidemiological Survey of Oil Distribution Centres in Britain, Br. J. Industr. Med. 40:330-339, 1983.

87. Tsau, S., Wen, C.P., Weiss, N.S., Wong, P., McClellan, W.A. et Gibson, R.L. Retrospective Mortality and Medical Surveillance Studies of Workers in Benzene Areas of Refineries, J. Occup. Med. 25:685-692, 1983.

88. Wong, O., Morgan, R.W., Bailey W.J., Swenciki, R.E., Claxton, K. et Kheifets, L. An Epidemiological Study of Petroleum Refinery Employees, Br. J. Industr. Med. 43:6-17, 1986.

89. Divine, B.J., Barron, V. et Kaplan, S.D. Texaco Mortality Study. I. Mortality Among Refinery, Petrochemical and Research Workers, J. Occup. Med. 27(6):445-447, 1985.

90. Pucknat, A.W. Éditeur. Health Impacts of Polynuclear Aromatic Hydro carbons, Noyes Data Corporation, 1981.

91. Henry, S.A. 1946, Cancer of the Scrotum in Relation to Occupation, Quoted in Industrial Medicine and Hygiene, by E.R.A. Merewhether, Vol 3, Butterworth & Co. (Publishers) Ltd., 1956.

92. Cruickshank, C.N.D. et Squire, J.R. Skin Cancer in the Engineering Industry from the Use of Mineral Oil, Br. J. Industr. Med. 7:1-11, 1950.

93. Cruickshank, C.N.D. et Gourevitch, A. Skin Cancer of the Hand and Forearm, Br. J. Industr. Med. 9:74-79, 1952.

94. Doll, R. The Causes of Death Among Gas Workers with Special Reference to Cancer of the Lung, Br. J. Industr. Med. 9:180-185, 1952.

95. Mastromatteo, E. Cutting Oil and Squamous Cell Carcinoma, Part I, Br. J. Industr. Med. 12:240-243, 1955.

96. Masatake, K., Amamoto, H. et Harada, K. Epidemiologic Study of Occupational Lung Cancer, Arch. Environ. Health 14:859-864, 1967.

97. Mancuso, T.F. et El-Attar, A.A. Cohort Study of Workers Exposed to Betanaphthylamine and Benzidine, J. Occup. Med. 9:277-285, 1967.

98. Doll, R., Vessey, B., R.W.R., Buckley, A.R., Fear, E.C., Fisher, R.E.W., Gammon, E.J., Gunn, W., Hughes, G.O., Lee, K. et Norman-Smith, B. Mortality of Gasworkers - Final Report of a Prospective Study, Br. J. Med. 29:394-406, 1972.

99. Chu, I., Villeneuve, D.C., Cote, V.E., Valli, V.E. et Otson, R. The Dermal Toxicity of a Medium-Boiling (154-378 C) Coal Liquefaction Product in the Rat.

100. Redmond, C.K., Strobino, B.R. et Cypes, R.H. Cancer Experience Among Coke By-Product Workers, Ann N.Y. Acad. Sc. 271:102-115, 1976.

101. Hammond, E.C., Selikoff, I.J., Lawther, P.L. et Seidman, H. Inhalation of Benzpyrene and Cancer in Man, Ann N.Y. Acad. Sc. 271:116-124, 1976.

102. Purde, M. et Rahu, M. Cancer Patterns in the Oil Shale Area of the Estonian S.S.R., Environ. Health Persp. 30:209-210, 1979.

103. Giggs, G.W. et Horowitz, I. Lung Cancer Mortality in Aluminum Reduction Plant Workers, J. Occup. Med. 21:347-353, 1979.

104. Theriault, G. et Goulet, L. Mortality Study of Oil Refinery Workers, J. Occup. Med. 21:367-370, 1979.

105. Hanis, N.M., Stavraky, K.M. et Fowler, J.L. Cancer Mortality in Oil Refinery Workers, J. Occup. Med. 21:167-174, 1979.

106. Thomas, T.L., Decoufle, P. et Moore-Eraso, R. Mortality Among Workers Employed in Petroleum Refining and Petrochemical Plants, J. Occup. Med. 22:97-103, 1980.

107. Rushton, L. et Alderson, M.R. An Epidemiological Survey of Eight Oil Refineries in Britain, Br. J. Industr. Med. 38:225-234, 1981.

108. Rockette, H.E. et Arena, V.C. Mortality Studies of Aluminum Reduction Plant Workers: Potroom and Carbon Department, J. Occup. Med. 25: 549-557, 1983.

109. Howe, G.R., Fraser, D., Lindsay, J., Presnal, B. et Zhang Y.S. Cancer Mortality (1965-77) in Relation to Diesel Fume and Coal Exposure in a Cohort of 65 Retired Railway Workers, JNCI 70:1015-1019, 1983.

110. Mills, P.K., Newell, G.R. et Johnson, D.E. Testicular Cancer Associated with Employment in Agriculture and Oil and Natural Gas Extraction, Lancet 207, janvier, 1984.

111. Hanis, N.M., Shalenberger, L.G., Donaleski, D.L. et Sales E.A. A Retrospective Mortality Study of Workers in Three Major US Refineries and Chemical Plants, Part II: Internal Comparisons by Geographic Site, Occupation and Smoking History, J. Occup. Med. 27(5):361-369, 1985.

112. McCraw, D.S., Joyner, R.E. et Cole, P. Excess Leukemia in a Refinery Population, J. Occup. Med. 27(3):22-222, 1985.

113. Sawicki, E. Airborne Carcinogens and Applied Compounds, Arch. Environ. Health, 14:46-53, 1967.

114. Jackson, J.O., Warner, P.O. et Mooney, T.F. Jr. Profiles of Benzo(a)Pyrene and Coal Tar Pitch Volatiles at and in the Immediate Vicinity of a Coal Oven Battery, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 276-281, 1974.

115. Masek, V. Benzo(a)pyrene in the Workplace Atmosphere of Coal and Pitch Cooling Plants, J. Occup. Med. 13:193-198, 1971.

116. Mazumdar, S., Redmond, C., Sollecito, W. et Sussman, N. Epidemiological Study of Exposure to Coal Tar Pitch Volatiles Among Coke Oven Workers, J. Air Pol. Contr. Assoc. 25:382-389, 1975.

117. Wadden, R.A. et Trabert, A.L. Potential Health Problems from Coal Conversion Technologies, Environmental and Economic Considerations in Energy Utilization, Proceedings of the Seventh National Conference on Energy and the Environment, 1980, Phoenix, Arizona, Ann Arbor Science Publishers Inc.

118. Schenker, M.B. Diesel Exhaust - An Occupational Carcinogen, J. Occup. Med. 22:41-45, 1980.

119. Perera, F. Carcinogenicity of Airborne Fine Particulate Benzo(a)pyrene: An Appraisal of the Evidence and the Need for Control, Environ. Health Persp. 42:163-185, 1981.

120. Phototoxic Reaction Among Dock Workers, Morbidity and Mortality Weekly Report, 32: No. 11, 1983.

121. Zedeck, M.S. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: A review, J. Environ. Path. Toxicol. 3:537-567, 1980.

122. Hill, R.H., Enoch, H.G., Hannon, M.A. et Recio, L. Worker Exposure in a Coal Liquefaction Facility Determined by Industrial Hygiene Air Monitoring and Urine Mutagenicity Testing, Polynuclear Aromatic Hydrocarbons: Formation, Metabolism and Measurement, Battelle Press, 621-635, 1983.

123. Hill, R.H. et Tussey, L.B. Skin Contamination Survey at the H-Coal Pilot Plant, The United States Department of Energy, janvier 1983, DOE/ET/10143-25.

124. Harris, L.R., Gideon, J.A. Berardinelli, S., Reed, L.D., Robbin, R.D., Evans, J.M., Telesca, D.R. et Tanita, R.K. Coal Liquefaction: Recent Findings in Occupational Safety and Health, Am. Industr. Hyg. Assoc. J., 41: août 1980.

125. Hill, R.H. Industrial Hygiene Personal Sampling Survey During Two Coal Operating Periods at the H-Coal Pilot Plant, The United States Department of Energy DOE/ET/10143-T22, septembre 1982.

126. Hill, R.H. et Tussey, L.B. Industrial Hygiene Air Monitoring at the H-Coal Pilot Plant, The United States Department of Energy, DOE/ET/10143-30, mars 1983.

127. Braunstein, H.M., Eisenhower, B.M. et Dreibelbis, W.G. PAH-Contaminated Materials Management at Oak Ridge Laboratory, Polynuclear Aromatic Hydrocarbons: Formation, Metabolism and Measurement, Battelle Press, 167-191, 1983.

128. Brown, R.D. Health and Environmental Effects of Synthetic Fuel Technologies, Research Priorities, Mitre Corporation, MTR-80 W348, avril 1981.

129. Smith, M.E. et Newcombe, H.B. Use of the Canadian Mortality Data Base for Epidemiological Follow-up, Can. J. Public Health 73:39-46, 1982.

130. Hill, R.H. Worker Protection - Current Practices and Problems in Coal Liquefaction Facilities, Proc. Workshop Industr. Hyg. Occup. Med. in Coal Conversion Projects Conf. 801143:131-139, NTIS 1980.

131. Harvath, P.V. Quantitative Analysis of Multiple PAHs in the Coal Conversion Atmosphere, Am. Industr. Hyg. Assoc. J. 44:739-745, 1983.

132. Martonen, T., Clark, M., Nelson, D. et Rossignol, J., Testing of Personnel Dosimetry Devices for Hazard Evaluation of Solvent Refined Coal Droplet Aerosols, Am. Industr. Hyg. Assoc. J. 44:52-56, 1983.

133. Schuresko, D.D. Portable Fluorometer Monitor for Detection of Surface Contamination by Polynuclear Aromatic Compounds, Anal. Chem. 52:371-373, 1980.

134. Vo-Dinh, T. et Gammage, A.R. The Lightpipe Luminoscope for Monitoring Occupational Skin Contamination. Am Industr. Hyg. Assoc. J. 42:113-120, 1981.

135. Keenan, R.R. et Cole, S.B. A Sampling and Analytical Procedure for Skin Contamination Evaluation. Am. Industr. Hyg. Assoc. J. 43:473-476, 1982.

136. Hawthorne, A.R. New Developments in Monitoring Instruments. Synthetic Fossil Fuel Technology, p. 227-278. Ann Arbor, Science Publishers, Inc. 1980.

137. Cowser, D.E. et Richmond, C.R. Life Sciences Synthetic Fuels Program at Oak Ridge National Laboratory. Coal Conversion and the Environment. United States Department of Energy, p. 512-523, 1980.

138. Flotard, R.D., Stetter, J.R. et Stamoudis, V.I.C. Workplace Air Sampling at Coal Conversion Facilities. Coal Conversion and the Environment. United States Department of Energy, p. 159-173, 1981.

139. Bennet, R.D., Feigley, C.E., Oswald, E.O. et Hill, R.H. The Permeation of Liquid Coal of Gloves Used in Coal Liquefaction Pilot Plants. Am. Industr. Hyg. Assoc. J. 44:447-452, 1983.

140. Jackson, J.O. Comparative Industrial Hygiene Aspects for Coal Gasification and Liquefaction, Oil Shale, and Tar Sands Processing. Synthetic Fossil Fuel Technology, p. 266-276. Ann Arbor, Science Publishers, Inc. 1980.

141. Human Health Impacts of New Liquid Fuels - A Preliminary Investigation. IEC Beak Consultants, novembre 1982, commandé par le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa (Canada).

142. Determination of the Exposure of Workers of Organic Contaminants in Coal Liquefaction Plants. BC Research Report, mai 1983, commandé par le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa (Canada).

143. Naherne, G.J. Polycyclic Hydrocarbons at Alberta Research Council High Pressure Facility, Nisku, Albeta, Occupational Hygiene Branch, Worker's Health and Safety and Compensation Department, Alberta, Canada.

144. Naherne, G.J. Noise Survey at the Alberta Research Council High Pressure Facility at Nisku, Alberta, Occupational Hygiene Branch, Worker's Health and Safety and Compensation Department, Alberta, Canada.

145. Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure in Coal Gasification Plants. U.S. Department of Health and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, septembre 1987. DHEW (NIOSH) 78-191.

146. Futaguki, S.K. Petroleum Refinery Workers Exposure to PAHs at Fluid Catalytic Cracker, Coker and Asphalt Processing Units. National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH 83-111, mai 1983.

147. Keane, W.J., Hybis, W. et Schmalzer, K. Electric Utility use of Coal-Derived Fuels: Health, Personnel Protection and Regulatory Considerations. Electretic Power Research Institute, mars 1982, AP2288.

148. Pollution Control Manual for Lurgi-Based Indirect Coal Liquefaction and SNG. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/8-83-006, avril 1983.

149. Pollution Control Technical Manual for Koppers-Totzek Based Indirect Coal Liquefaction. United States Environmental Protection Agency, EPA600/883-008, avril 1983.

150. Control Technology Appendices for Pollution Control. Technical Manuals. United States Environmental Protection Agency, EPA-600/8-83-009, avril 1983.

151. Guidelines on Occupational Health and Safety Practices for Coal Conversion Research and Development. Report prepared by Dr. Era Nelson in Collaboration with the Australian Committee for Occupational Health and Safety in Coal Conversion, novembre 1983.

152. Tepper, L. et Garrett, S. A Clinical Occupational Medicine Program. Proc. Workshop and Hyg. Occup. Med. in Coal Conversion Projects, U.S. Department of Energy, septembre 1981, Conf-801143.

153. Terracini, B., Pastore, G. et Segnan, N. Association of Father's Occupation and Cancer in Children. Biol. Res. Pregnancy Perinatal. 4: 40-45, 1983.

154. Spitzer, W.O. The Periodic Health Examination, Canadian Task Force on the Periodic Health Examination, Can. Med. Assoc. J. 121:1979.

155. Fabricant, J.D. et Legator, M.S. Etiology Role and Detection of Chromosomal Aberrations in Man. J. Occup Med. 23:617-625, 1981.

156. Dabney, B.J. The Role of Human Genetic Monitoring in the Workplace. J. Occup. Med. 23:626-631, 1981.

157. Breslow, L. et Somers, A.R. The Lifetime Health-Monitoring Program, A Practical Approach to Preventive Medicine. New Eng. J. Med. 296(11):601-608, 1977.

158. Guidotti, T.L. Adaptation of the Lifetime Health-Monitoring Concept to Defined Employee Groups not at Exceptional Risk. J. Occup. Med. 25:731-736, 1983.

159. Kwa, S.-L. et Fine, L.J. The Association Between Parental Occupation and Childhood Malignancy. J. Occup. Med. 22:792-794, 1980.

160. Levine, R.J., Symons, M.J., Balogh, S.A., Arndt, D.M., Kaswandik, N.T. et Gentile, J.W. A Method for Monitoring the Fertility of Workers 1. Method and Pilot Studies. J. Occup. Med. 22:781-790, 1980.

161. Levine, R.J., Symons, M.J., Balogh, S.A., Milby, T.H. et Whorton, M.D. A Method of Monitoring the Fertility of Workers 2. Validation of the Method Among Workers Exposed to Dibromochloropropane. J. Occup. Med. 23:183-188, 1981.

162. Le Fichier dosimétrique national du Canada. Rapport du Groupe de travail sur la dosimétrie du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Direction de l'hygiène du milieu, Direction générale de la protection de la santé, Santé et Bien-être social Canada. 83-EHD-89, 1982.

163. Smith, M.E. Standards for identifying Information Required to Search the Mortality Date Base, Vital Statistics and Disease Registries Section, Division de la Santé, Immeuble R.H. Coates, Pré Tunney, Ottawa (Ontario), K1A 0Z5.

164. Classification internationale des maladies, neuvième révision, Organisation mondiale de la Santé, Genève (Suisse). Adaptée pour l'Amérique du Nord.

165. Rutstein D.D., Mullan, R.J., Frazier, T.M., Halperin, W.E., Melius, J.M. et Sestito, J.P. Sentinel Health Events (Occupational): A Basis for Physician Recognition and Public Health Surveillance, Amer. J. Public Health, 73:1054-1062, 1983.

166. Classification des professions, Recensement du Canada, 1971, Inspirée de la Classification canadienne descriptive des professions, Volume II. Information Canada, Ottawa (Canada).

167. Hoar, S.K., Morrison, A.S., Cole, P. et Silverman, D.T. Epidemiology and Occupational Classification Systems, Banbury Report 9, Quantification of Occupational Cancer, edited by Richard Peto and Marvin Scheiderman, Cold Spring Harbor Laboratory, 455-470, 1981.

168. Hoar, S.K. et al. An Occupation and Exposure Linkage System for the Study of Occupational Carcinogenesis, J. Occup. Med. 22, 722-,1980.

169. Pollution Control Technical Manual for Exxon Donor Solvent Direct Coal Liquefaction, United Environmental Protection Agency, EPA-600/8-83-007, avril 1983.

170. Lauwerys, R.S. Industrial Chemical Exposure: Guidelines for Biological Monitoring, Biomedical Publications, Davis, California, 1983.

171. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Work Environment and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Hygienists, 6500 Glenway Avenue, Cincinnati, Ohio, 45211, U.S.A.

Annexe A
Directives concernant les mesures de contrôle de l'hygiène et la surveillance de l'exposition dans les usines de liquéfaction du charbon

1. Contrôles/ingénierie

a) Le plan ingénierie de l'usine doit être étudié et approuvé par des professionnels de la santé. L'étude doit traiter des problèmes reliés à la mise en service aux conditions normales d'exploitation, à la fermeture, aux situations d'urgence et à l'entretien.

b) Il faut mettre l'accent sur l'intégrité des conditions de confinement du procédé, sur la fiabilité de l'équipement et limiter la nécessité pour le travailleur de s'exposer pendant les opérations et l'entretien.

c) Il faut s'évertuer à minimiser les effets des pannes dues à l'érosion ou à la corrosion des appareils, aux bris des joints et des valves, aux systèmes d'échantillonnage des matières du procédé, à la cokéfaction ou à la solidification de la bouillie de charbon, aux détails techniques et aux éléments redondants du plan.

d) L'équipement qui nécessite un entretien doit être isolé du cycle du procédé et soumis à des lavages et à des purges pour éliminer les résidus.

e) Les systèmes d'échantillonnage doivent être conçus de façon à ce que les matières inflammables ou toxiques soient éliminées des lignes par des lavages ou des purges avant l'enlèvement de la bombe d'échantillonnage.

f) La salle de contrôle doit être conçue de façon à fournir un environnement sain pour l'opérateur de l'usine.

g) Il faut tenir compte du bruit dans la conception de l'usine et prendre des mesures pour le réduire au minimum en choisissant l'équipement adéquat et en l'isolant ou en utilisant des barrières acoustiques.

2. Méthodes de travail

a) Des procédures de sécurité doivent être élaborées en cas d'incendie et d'explosion, d'exposition à des produits chimiques toxiques, d'entrée dans des espaces clos, etc. et tous les employés doivent connaître à fond la façon d'appliquer ces procédures.

b) Des méthodes de travail doivent être élaborées pour chaque phase et doivent comprendre des dispositions concernant l'entreposage sécuritaire des matières du procédé, la décontamination de l'équipement nécessitant de l'entretien et la décontamination des outils.

c) Des procédures en cas d'incendie et en cas d'urgence médicale doivent être élaborées et com- prendre les premiers soins à donner en cas d'asphyxie.

d) L'équipement servant au procédé doit être nettoyé, entretenu et réparé uniquement par des employés ayant reçu une formation adéquate et sous la supervision d'un responsable.

e) L'accumulation de matières dangereuses sur les surfaces de travail, l'équipement et les structures doivent être réduites au minimum et les déversements ainsi que les fuites de matières dangereuses doivent être nettoyés le plus tôt possible. Les employés affectés aux opérations de nettoyage doivent porter un appareil respiratoire ainsi que des vêtements protecteurs adéquats.

f) L'accès aux endroits où se déroule le procédé doit être limité aux personnes autorisées. Les visiteurs d'une zone interdite doivent être informés des dangers possibles ainsi que des procédures de sécurité en vigueur et doivent être pourvus de vêtements protecteurs.

3. Formation des employés

Tous les employés doivent recevoir une formation sur les dangers liés à leur exposition aux produits de la liquéfaction du charbon dans le cadre de leur travail.

Un programme de formation doit comporter les éléments suivants:

a) L'identification des matières toxiques brutes et des produits ainsi que des sous-produits de la liquéfaction du charbon.

b) Les effets toxiques, y compris l'augmentation possible du risque de cancer.

c) Les signes et les symptômes d'une surexposition au sulfure d'hydrogène, à l'oxyde de carbone, à d'autres gaz toxiques et à des aérosols.

d) Les dangers liés aux incendies et aux explosions.

e) Les dangers d'une carence en oxygène.

f) Le traitement de premiers soins en cas de surexposition.

g) Les plans de l'usine et les procédures d'évacuation d'urgence.

h) L'utilisation, les limites d'utilisation, l'entreposage et l'entretien de tous les vêtements protecteurs et de tout l'équipement qui peuvent être utilisés.

i) Les dangers qui peuvent survenir au cours de la manutention du matériel, l'échantillonnage du procédé, la tenue des locaux, l'élimination des déchets et l'entretien.

j) Les pratiques d'hygiène personnelle et les raisons qui les justifient.

k) Une description de la nature générale des méthodes de surveillance du milieu et de surveillance médicale et les avantages pour les employés de collaborer dans l'application de ces méthodes.

4. Hygiène personnelle

Le contact de la peau avec les produits de la liquéfaction du charbon constitue un danger majeur dans les usines de liquéfaction du charbon et on doit y remédier, en partie, grâce à une bonne hygiène personnelle. Il faut encourager de telles pratiques en fournissant aux employés des installations où il est facile de se laver, de prendre une douche et d'exercer une surveillance.

a) On doit prévoir des vestiaires munis des installations nécessaires pour entreposer les vêtements de ville et des installations séparées pour les vêtements de travail, les vêtements de protection, les bottes de travail, les casques de protection et d'autres dispositifs de sécurité. Les employés qui travaillent dans les zones de procédé doivent prendre une douche et se laver les cheveux à la fin de chaque période de travail. Une salle spéciale doit être réservée à l'enlèvement et à la destruction des vêtements contaminés et comporter une sortie vers les douches. Les douches doivent donner sur un vestiaire de vêtements propres. L'employeur doit indiquer à ses employés qui travaillent dans les zones de procédé de porter des vêtements propres tous les jours et d'enlever tous les vêtements protecteurs à la fin de la période de travail. Des contenants fermés étiquetés doivent être prévus pour les vêtements contaminés qui doivent être nettoyés à sec, lavés ou détruits.

b) Les cafétérias doivent être munies d'un système d'aération à pression positive et doivent être faciles d'accès pour les employés qui travaillent dans les zones de procédé. On doit indiquer aux employés d'enlever leur casque protecteur, leurs bottes, leurs gants, leurs vêtements contaminés et les autres dispositifs de protection avant d'entrer dans la cafétéria, et des lavabos doivent être disponibles près de l'entrée de la cafétéria.

c) Les activités suivantes doivent être déconseillées dans les zones de procédé: le transport, la consommation ou la distribution de nourriture et de boissons, l'utilisation du tabac et de la gomme à mâcher et l'application de cosmétiques.

d) Des toilettes, des bassins oculaires et des douches d'urgence doivent être facilement accessibles à tous les endroits où des matières dangereuses peuvent entrer en contact avec la peau ou les yeux. On doit inciter les employés à se laver les mains avant de manger, de boire, de fumer ou d'utiliser les toilettes et au besoin au cours des périodes de travail pour éliminer la contamination. L'employeur doit indiquer à ses employés de ne pas utiliser de solvants organiques pour enlever les contaminants sur leur peau car cela peut augmenter l'absorption cutanée des marchandises dangereuses et que les solvants eux-mêmes sont dangereux. On doit conseiller plutôt l'utilisation de produits nettoyants secs pour la peau.

e) S'il se produit une contamination importante des vêtements de travail au cours de la période de travail, l'employé doit laver les régions touchées et changer de vêtements le plus tôt possible. L'employé doit alors communiquer avec son supérieur immédiat qui doit enregistrer l'incident et insérer les données dans le dossier médical et le dossier d'exposition.

5. Matériel de protection personnelle

a) Les vêtements, gants, masques, chaussures et couvre-chaussures appropriés doivent être fournis pour assurer une protection contre les produits liquides du charbon.

b) Des masques respiratoires peuvent être requis pour certains travaux, au cours de l'entretien et en cas d'urgence. On doit les choisir, les utiliser et les entretenir conformément aux normes provinciales ou fédérales en vigueur.

c) Certaines opérations peuvent exiger le port d'un dispositif de protection de l'ouïe, selon les recommandations des autorités compétentes.

d) Les employés doivent apprendre à se servir adéquatement de tout le matériel de protection personnelle.

6. Surveillance de l'exposition et dossiers

a) Un programme de surveillance de l'exposition doit être établi à partir d'un inventaire des matières dangereuses et d'une enquête initiale sur les expositions potentielles. Les dangers doivent être traités dans des fiches techniques.

b) Le contrôle de l'hygiène industrielle doit servir à déterminer si l'exposition des employés à des dangers chimiques et physiques, comme le sulfure d'hydrogène, l'oxyde de carbone et le bruit, ne dépasse pas certaines limites.

c) Les interruptions des activités de l'usine doivent être consignées pour chaque zone de procédé, de même que la fréquence et la gravité des fuites.

d) Des échantillons d'air doivent être prélevés périodiquement dans le milieu de travail et sur les personnes et doivent servir à l'analyse des produits volatils du brai de houille à l'aide des méthodes acceptées par les autorités compétentes. Les HPA doivent être identifiés dans un échantillon global représentatif, notamment le benzo(a)pyrène, le pyrène, l'anthracène, le chrysène, le phénanthrène, le fluoranthène, le benzo(e)pyrène et le benzo(a)anthracène.

e) Des alarmes doivent être prévues pour les dangers qui peuvent immédiatement menacer la vie ou la santé, par exemple le sulfure d'hydrogène, l'oxyde de carbone, les oxydes d'azote, les atmosphères pauvres en oxygène et les risques d'explosion.

f) On recommande l'examen des outils, des surfaces, etc. à la lumière ultraviolette pour la détection de la contamination par les PNA mais ce genre de détection ne peut être utilisé sur la peau que sous surveillance médicale. Les lampes noires de longueur d'onde longue et de faible intensité (300-800 $\mu W/cm^2$; 365 nm) sont satisfaisantes pour la détection de la contamination des surfaces.

g) On doit conserver un dossier pour chaque employé décrivant la classification des postes qu'il a occupé, les codes d'endroit des usines et, dans la mesure du possible, les heures consacrées à chaque emploi.

h) On doit utiliser couramment des instruments en temps réel pour mesurer les hydrocarbures, l'oxyde de carbone, le sulfure d'hydrogène ou d'autres indicateurs des PNA pour la détection et le contrôle des émissions fugitives.

Annexe B
Liste des renseignements requis aux fins de la surveillance de la santé

A. Identité de l'employé

Nom de famille
Anciens noms de famille s'il y a lieu
Premier prénom
Deuxième et autres prénoms
Nom usuel ou surnom
Sexe
Date de naissance (année, mois, jour)
Lieu de naissance (ville, province, pays)
État civil

Nom de famille du père
Premier prénom du père
Deuxième prénom du père
Nom de fille de la mère

Numéro d'assurance sociale
Numéro d'assurance maladie

Lieu de résidence - adresse complète et numéro de téléphone

Nom, adresse et numéro de téléphone d'une personne à contacter en cas d'urgence

Nom, adresse et numéro de téléphone d'une personne qui sera toujours au courant de l'adresse pour faire suivre le courrier

Numéro d'enregistrement

B. Antécédents de travail

1. Emploi actuel dans l'industrie participant au système d'enregistrement

Nom de l'employeur (industrie, agence ou firme)
Type d'industrie
Province d'emploi
Lieu de l'emploi
Occupation
Identification de l'emploi (désignation)
Numéro de l'employé
Activités de l'emploi
Zones de travail
Date du début du travail (année, mois, jour)
Date de la fin du travail (année, mois, jour)

2. Autres expériences précédentes de travail (de la première à la plus récente)

Type d'industrie et lieu
Désignation de l'emploi
Province de l'emploi
Lieu de l'emploi
Date du début de l'emploi (année, mois, jour)
Date de la fin de l'emploi (année, mois, jour)
Activités de l'emploi
Dangers particuliers (poussières, produits chimiques, radiations, bruit)
Estimation de la gravité des dangers (peu important, moyennement important, important)

3. Durée du travail

Nombre d'heures, de jours, de semaines, de mois de travail par année.
Nombre d'heures, de jours, de semaines, de mois de travail par année dans des lieux précis

4. Absences du travail

Date du début de l'absence (année, mois, jour)
Date de retour au travail (année, mois, jour)
Raison de l'absence: congé,
maladie,
accident: lieu de l'accident
activité au moment de l'accident

5. Fin de l'emploi ou fin d'un travail dans la liquéfaction du charbon

Date de la fin du travail précédent (année, mois, jour)
Nouveau lieu de travail (dans le même emploi)

Date du début de l'emploi (année, mois, jour)
Nouvelle désignation de l'emploi
Nouvelles activités de travail
Dangers particuliers

Nom du nouvel employeur (si nouveau lieu de travail)
Adresse du nouvel employeur - province, ville/endroit
Type d'industrie
Adresse civile de l'employé (adresse complète avec code postal)

Retraite - date (année, mois, jour)
adresse complète pour faire suivre le courrier

Dernière date connue avant décès
Si décès connu, date et endroit (province)

C. Renseignements sur la santé de l'individu

1. Antécédents familiaux

Maladies dans la famille (parents, frères, soeurs, conjoint, enfants):
Diabète
Tuberculose
Cancer
Maladies cardiovasculaires
Hypertension
Accidents cérébraux vasculaires
Autres

Renseignements sur le conjoint au travail
Type de travail
Début du travail

Renseignements sur les enfants
Sexe
Dates de naissance
État de santé (y compris malformations congénitales)

Renseignements sur les grossesses interrompues
Fausses couches
Date(s)

2. Antécédents personnels

Renseignements sur les maladies de l'individu (répondre par OUI ou par NON et inclure l'évaluation faite par un professionnel de la santé)

Épilepsie/perte de conscience
Maux de tête fréquents
Maladies des oreilles, du nez et de la gorge
Maladie pulmonaire
Asthme
Toux persistante
Tuberculose
Pneumonie
Maladies cardiovasculaires
Hypertension
Essoufflement
Douleurs thoraciques
Troubles de l'estomac, de la vésicule biliaire ou de l'intestin
Troubles hépathiques/jaunisse
Troubles des reins ou de la vessie
Maladies de la peau
Allergies, fièvre des foins, urticaire, sensibilité à des médicaments
Gain ou perte de poids récent
En traitement pour une maladie (prise de médicaments)

3. Risques assumés

Utilisation d'alcool: Prends de l'alcool, a cessé de prendre de l'alcool, n'a jamais pris d'alcool
Usage actuel: Nombre d'onces de spiritueux par jour
Petites bouteilles de bière par jour
Verres de vin par jour

Prises de drogues pour des raisons sociales

Usage du tabac: fume présentement, a cessé de fumer, n'a jamais fumé
Nombre d'années écoulées depuis la cessation de l'usage du tabac
Nombre de cigarettes par jour (si a cessé de fumer, nombre de cigarettes en moyenne au cours des cinq dernières années d'usage du tabac)

Passe-temps avec exposition à:	des solvants des huiles, des goudrons d'autres produits chimiques (identifier) des poussières (identifier) du bruit

4. Résultats d'examens médicaux

Renseignements concernant les résultats d'examens indiquant que l'état de santé est normal ou anormal. L'évaluation clinique ou le diagnostic (résultats positifs) sous forme codée.

Yeux	Gauche Droit
Oreilles	Gauche Droite
Tête et cou:	voies nasales cavité buccale gorge
Cage thoracique et poumons:	seins percussion murmures vésiculaires
Appareil cardiovasculaire:	caractéristiques du poulx, rythme, volume, point de la ligne mamelonnaire
Artères et circulation	Bruits cardiaques
Abdomen:	Palpation

	Région inguinale Organes génitaux Examen rectal
Peau:	
Ganglions lymphatiques:	Squelettique: membres supérieurs, membres inférieurs colonne vertébrale
Système nerveux central:	fonction sensorielle et fonction motrice démarche, coordination, tremblements réflexes - gauche- droite

Santé mentale

5. Évaluations provisoires de la santé

Date (année, mois, jour)
Nouveaux résultats - symptômes/maladies signalés (codées)
- modifications (avec dates):
antécédents de travail
antécédents des risques assumés
antécédents familiaux

Interventions spéciales

6. Consultations demandées par l'employée (y compris les visites à l'infirmerie)

Date (année, mois, jour)
Raison - conseils, suivi, nouveaux symptômes ou nouvelle maladie, traitement
Résultats - symptômes/maladies
- accidents: endroit
activité au moment de l'accident

7. Interventions spéciales

Résultat des interventions spéciales: état signalé comme normal ou anormal (les normes doivent être appliquées le cas échéant)

Radiographie pulmonaire
Électrocardiogramme
Tests de la fonction pulmonaire
Audiogramme
Taille
Poids
Tension artérielle

Examen des urines:	sucre albumine microscopie
Hématologie:	hémoglobine hématocrite numération des globules rouges numération des globules blancs formule leucocytaire
Biochimie:	SMA4 SGOT TGO (AST) créatinine glucose (à jeun ou postprandial) SGPT

Épreuves de surveillance biologique

Cytologie

Épreuves de mutagénicité

8. Absences du travail pour raison médicale

Date du début de l'absence (année, mois, jour)
Date du retour au travail (année, mois, jour)
Raison médicale de l'absence
Si accident, nature des lésions, traitement utilisé, cause

9. Renseignements sur la morbidité provenant d'autres sources

Plans d'assurance médicale:	départ de l'hôpital - consultation d'un médecin

Fichiers du cancer

10. Renseignements au sujet des décès

Date du décès (année, mois, jour)
Cause
Âge au moment du décès (date de naissance)
Lieu du décès - Province, ville/endroit
- maison/établissement
Rapport d'autopsie
Numéro d'enregistrement du décès

D. Données de surveillance

Identification du lieu de travail	- endroit - région

Renseignements concernant la surveillance personnelle:	- Agent(s) - Méthode(s) - Mesure(s) - date (année, mois, jour) - valeur(s) - valeur annuelle actuelle - (valeur cumulative)

Données sur la surveillance du milieu (hygiène industrielle)

Agents mesurés (polluants indicateurs)
Méthodes
Mesures en fonction de la zone de travail

Renseignements concernant la durée de l'exposition

Nombre de jours, semaines, mois de travail par année
Nombre de jours, semaines, mois de travail dans des zones spécifiques de travail.

E. Information d'appoint

Technologie utilisée

Antécédents de l'exploitation	- mise en service (date, heure) - fermeture (date, heure) - défectuosités/accidents (date, durée) - changement de procédé (préciser les dates)

Renseignements sur le produit

Données de surveillance du cycle de procédé

Inventaire des substances - fiches techniques

Surveillance industrielle et surveillance du milieu	- méthodes d'analyse - matériel
Codes	- surveillance de la santé - accidents - industrie - classification des activités de travail

Annexe C
Problèmes de santé – Codes pour la classification des symptômes, des maladies et certains problèmes de santé

I Maladies infectieuses et parasitaires

001 Toutes les maladies infectieuses et parasitaires

Infections intestinales
Autres formes de tuberculose
Anthropozoonoses bactériennes et autres maladies bactériennes
Poliomyélite et autres maladies à virus du système nerveux central non transmises par les arthropodes
Maladies à virus avec exanthème
Maladies à virus transmises par les arthropodes
Autres maladies à virus et à *Chlamydia*
Rickettsioses et autres maladies infectieuses transmises par les arthropodes
Syphilis et autres maladies vénériennes
Autres infections à spirochètes
Mycoses
Helminthiases
Autres maladies infectieuses et parasitaires
Séquelles des maladies infectieuses et parasitaires

011 Tuberculose pulmonaire*
020 Peste*
021 Tularémie*
022 Charbon*
023 Brucellose*
037 Tétanos*
056 Rubéole*
070 Hépatite*
071 Rage*
073 Psittacoses*

II Tumeurs malignes

140 Tumeurs malignes des lèvres, de la cavité buccale et du pharynx
Tumeurs malignes des lèvres, de la langue, des glandes salivaires principales, des gencives, de la bouche, de l'oropharynx, du rhinopharynx et de l'hypopharynx et autres non précisées

150 Tumeurs malignes de l'appareil digestif et du péritoine
Tumeurs malignes de l'oesophage, de l'estomac, des intestins, du côlon, du rectum, du foie et des voies biliaires intrahépatiques, de la vésicule biliaire, du pancréas, du tissu rétropéritonéal et du péritoine, et autres non précisées

155 Angiosarcome du foie*

158 Mésothéliome du péritoine*

160 Tumeurs malignes des fosses nasales*, de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques (à l'exclusion de la trachée, des bronches et des poumons)
Tumeurs malignes des fosses nasales, de l'oreille moyenne, des sinus, de la plèvre, du thymus, du coeur et du médiastin et autres non précisées

161 Tumeur maligne du larynx*

162 Tumeur maligne de la trachée, des bronches et des poumons*

163 Mésothéliome de la plèvre*

170 Tumeur maligne des os*

171 Tumeur maligne du tissu conjonctif et des autres tissus mous

172 Mélanome malin de la peau

173 Autres tumeurs malignes de la peau

174 Tumeur maligne du sein

179 Tumeur maligne des organes génito-urinaires
Tumeur maligne de l'utérus, du col de l'utérus, du placenta, des ovaires et des annexes, de la prostate, des testicules, du pénis, de la vessie, du rein et autres non précisées

187 Tumeur maligne du scrotum*

188 Tumeur maligne de la vessie*

189 Tumeur maligne du rein et d'organes urinaires autres ou non précisés

190 Tumeur maligne de sièges autres
Tumeur maligne de l'oeil, de la glande thyroïde, d'autres glandes endocrines; tumeur secondaire et tumeur de siège non précisé

191 Tumeur maligne du cerveau et d'autres parties non précisées du système nerveux

200 Tumeur maligne des tissus lymphatiques et hématopoïétiques
Lymphosarcome, réticulosarcome, maladie de Hodgkin, myélome multiple

204 Leucémie lymphoïde*

205 Leucémie myéloïde*

207 Érythroleucémie*

210 Tumeur bénigne (à l'exclusion de celles de la peau)

216 Tumeur bénigne de la peau

230 Carcinome *in situ*
Organes digestifs, sein, appareil génito-urinaire, appareil respiratoire et autres

232 Carcinome *in situ* de la peau

235 Tumeurs à évolution imprévisible et de nature non précisée

III Maladies endocriniennes, de la nutrition et du métabolisme et troubles immunitaires

240 Troubles du corps thyroïde et des autres glandes endocrines
Goitre; thyréotoxicose; hypothyroïdie; thyroïdite; diabète sucré; troubles de la sécrétion pancréatique et de la glande parathyroïde, de l'hypophyse, du thymus, des glandes surrénales; dysfonction ovarienne et testiculaire; autres

260 États de carence

270 Autres troubles du métabolisme
Troubles du métabolisme des acides aminés, des glucides, des lipides et des protéines plasmatiques, goutte, obésité et autres

279 Troubles immunitaires

IV Maladies du sang et des organes hématopoïétiques

280 Maladies du sang et des organes hématopoïétiques
Anémies, anomalies de la coagulation et autres anomalies

283 Anémie hémolytique, non auto-immune*

284 Anémie aplastique*

288 Agranulocytose ou neutropénie*

289 Methémoglobinémie*

V Troubles mentaux

290 Psychoses, névroses et troubles de la personnalité (non classés ailleurs)

303 Syndrome de dépendance alcoolique

304 Pharmacodépendance

308 États réactionnels aigus à une situation très éprouvante

317 Retard mental léger

VI Maladies du système nerveux et des organes des sens

320 Maladies inflammatoires du système nerveux central
Méningite, encéphalite, abcès, thrombophlébite intracranienne

323 Encéphalite toxique*

330 Affections héréditaires et dégénératives du système nerveux central
Dégénérescences cérébrales, affections extra-pyramidales et cérébro-médullaires, autres affections

332 Syndrome parkinsonien (secondaire)

334 Ataxie cérébrale*

340 Autres maladies et syndromes du système nerveux central
Sclérose en plaques, syndromes paralytiques, épilepsie, migraine, autres et sans précision

350 Maladies du système nerveux périphérique

357 Neuropathie inflammatoire et toxique*

360 Maladies de l'oeil et de ses annexes

366 Cataracte*

380 Maladies de l'oreille et de l'apophyse mastoïde

388 Effets du bruit sur l'oreille interne

VII Maladies de l'appareil circulatoire

390 Rhumatisme articulaire aigu et cardiopathies rhumatismales chroniques

401 Maladies hypertensives

410 Cardiopathies ischémiques

415 Troubles de la circulation pulmonaire (petite circulation)

420 Autres formes de cardiopathies - péricardite, endocardite, troubles du rythme cardiaque, insuffisance cardiaque

430 Maladies vasculaires cérébrales

440 Maladies des artères, artérioles, capillaires, veines, vaisseaux lymphatiques et autres maladies de l'appareil circulatoire
Athérosclérose, anévrisme, embolie et thrombose, gangrène, varices, autres

443 Syndrome de Raynaud (secondaire)

VIII Maladies de l'appareil respiratoire

460 Affections aiguës des voies respiratoires
Rhume banal, sinusite, amygdalite, trachéite, bronchite, autres

470 Autres maladies des voies respiratoires supérieures
Déviation de la cloison nasale, polypes, pharyngite, sinusite chronique, affections chroniques des amygdales et des végétations adénoïdes, autres

480 Pneumonie et grippe

490 Maladies pulmonaires obstructives chroniques et affections connexes
Bronchite chronique, emphysème, asthme

493 Asthme extrinsèque*

495 Alvéolite allergique extrinsèque*

500 Pneumoconioses des mineurs de charbon*

501 Amiantose*

502 Silicose,* talcose*

503 Bérylliose chronique*

504 Byssinose*

506 Bronchite aiguë, pneumoconiose et oedème pulmonaire dû à l'inhalation de fumées et de vapeurs*

508 Affections respiratoires dues à des agents externes, autres et sans précision

510 Autres maladies de l'appareil respiratoire, pleurésie, pneumothorax, abcès, congestion, fibrose postinflammatoire du poumon, emphysème, autres

IX Maladies de l'appareil digestif

520 Maladies de la cavité buccale, des glandes salivaires et des maxillaires

530 Maladies de l'oesophage, de l'estomac et du duodénum, ulcère, gastrite, troubles fonctionnels, autres

540 Appendicite

550 Hernie abdominale

555 Entérite et colite non infectieuses

560 Autres maladies de l'intestin et du péritoine
Obstruction intestinale, péritonite, autres

570 Autres maladies de l'appareil digestif
Nécrose aiguë et subaiguë du foie, maladies chroniques et cirrhose du foie, maladies de la vésicule biliaire, maladies du pancréas, hémorragie gastro-intestinale, autres

573 Hépatite toxique*

X Maladies des organes génito-urinaires

580 Néphrite, syndrome néphrotique, insuffisance rénale

584 Insuffisance rénale aiguë ou chronique*

590 Autres maladies de l'appareil urinaire
Infections rénales, hydronéphrose, calculs du rein et de l'urètre, cystite, autres affections de l'urètre et des voies urinaires

600 Maladies des organes génitaux de l'homme

606 Stérilité (homme)*

610 Affections du sein

614 Affections inflammatoires des organes pelviens de la femme, autres affections des organes génitaux de la femme
Affections inflammatoires, endométriose, prolapsus, troubles de la menstruation et troubles ménopausiques, autres

XI Complications de la grossesse, de l'accouchement et des suites de couches

630 Grossesse aboutissant à l'avortement
Môle hydatiforme, grossesse ectopique, avortement provoqué, autres

634 Avortement spontané

640 Complications liées principalement à la grossesse

650 Accouchement normal

651 Autres indications de soins au cours de la grossesse, du travail et de l'accouchement, complications survenant principalement au cours du travail et de l'accouchement, complications des suites de couches

XII Maladies de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané

680 Infections de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané, anthrax, furoncle, cellulite, impétigo, autres

690 Autres affections inflammatoires et maladies de la peau et du tissu sous-cutané
Dermatoses érythématosquameuses, eczéma atopique et affections apparentées, dermite due à ingestion, dermatoses bulleuses, psoriasis, lichen, prurit, cors, callosités, autres dermatoses, maladies des ongles et des sébacées, autres

692 Dermite de contact et dermite allergique* (solvants, phénol, caustiques, Ni, Cr, etc.)

695 Affections érythémateuses

701 Autres affections hyperthrophiques et atrophiques de la peau (kératose)

704 Maladies de poils et de follicules pileux

706 Acné (d'origine du travail)

708 Urticaire

709 Pigmentation anormale (d'origine du travail)

XIII Maladies du système ostéo-articulaire, des muscles et du tissu conjonctif

710 Arthropathies et affections apparentées
Maladies disséminées du tissu conjonctif, arthrite rhumatoïde, maladies des articulations autres et non précisées

720 Spondylarthrite ankylosante et autres spondylopathies

722 Lésions des disques intervertébraux

725 Rhumatisme et atteintes des muscles, ligaments et aponévroses

730 Ostéopathies, chondropathies et malformations acquises du système ostéo-musculaire
Ostéomyélite, ostéite, autres maladies et déformations acquises des membres

XIV Anomalies congénitales

740 Toutes les anomalies congénitales

XV Certaines affections dont l'origine se situe dans la période périnatale

760 Toutes les affections s'appliquant au nouveau-né

XVI Symptèmes, signes et états morbides mal définis

780 Symptômes généraux

781 Symptômes relatifs aux systèmes nerveux et ostéo-musculaire

782 Symptômes relatifs à la peau

783 Symptômes relatifs à la nutrition, au métabolisme et au développement

784 Symptômes relatifs à la tête et à la région cervicale (y compris les maux de tête)

785 Symptômes relatifs à l'appareil cardio-vasculaire

786 Symptômes relatifs à l'appareil respiratoire et au thorax

787 Symptômes relatifs à l'appareil digestif

788 Symptômes relatifs à l'appareil urinaire

789 Autres symptômes relatifs à l'abdomen et au bassin

793 Résultats anormaux non spécifiques d'examens des structures corporelles

795 Résultats histologiques et immunologiques anormaux et non spécifiques

797 Causes mal définies et inconnues de la morbidité et de la mortalité

XVII Lésions traumatiques et empoisonnements

800 Fractures

830 Luxations

840 Entorses

850 Traumatismes intracrâniens non associés à des fractures du crâne

860 Traumatismes internes du thorax, de l'abdomen et du bassin

870 Plaies et traumatismes des vaisseaux sanguins

905 Séquelles des traumatismes, empoisonnements, effets nocifs de substances toxiques et autres causes externes

910 Traumatismes superficiels

920 Contusions et écrasements

949 Brûlures (d'origine professionnelle)

950 Traumatismes des nerfs et de la moëlle épinière

960 Intoxications par médicaments et produits biologiques

980 Effets toxiques de l'alcool

981 Effets toxiques du pétrole et ses dérivés

982 Effets toxiques des solvants non dérivés du pétrole

983 Effets toxiques des corrosifs de la série aromatique, des acides et des bases caustiques

984 Effets toxiques du plomb et de ses composés

985 Effets toxiques d'autres métaux

986 Effets toxiques de l'oxyde de carbone

987 Effets toxiques d'autres gaz, fumées ou vapeurs

988 Effets toxiques de substances nocives utilisées comme aliments

989 Effets toxiques d'autres substances essentiellement non médicinales à l'origine

990 Effets de radiation, non précisés

991 Effets du froid

992 Effets de la chaleur et de la lumière

993 Effets de la pression atmosphérique

994 Effets d'autres agents extérieurs

995 Effets nocifs divers non classés ailleurs

996 Complications dues à des actes chirurgicaux et à des soins médicaux non classés ailleurs

Classification supplémentaire

V01 Sujets susceptibles d'avoir été contaminés par des maladies transmissibles

V10 Antécédents personnels et familiaux pouvant créer des risques latents de maladies

V20 Sujets ayant recours aux services de santé de la mère et de l'enfant

V40 Motifs concernant des états affectant la santé de l'individu
Problèmes mentaux et du comportement, problèmes en rapport avec les organes des sens et autres fonctions spéciales, états postopératoires, autres problèmes en rapport avec les organes internes, etc.

V50 Recours aux services de santé pour des actes médicaux et surveillance précisés
Mise en place et ajustement d'appareils de prothèse ou autres, surveillance impliquant la rééducation, surveillance orthopédique, surveillance autre et non précisée, donneurs

V60 Autres raisons de recours aux services de santé
Raisons économiques, autres raisons familiales, autres raisons psycho-sociales, absence de conditions permettant les soins

V65 Autres motifs de recours aux services de santé

V66 Convalescence

V67 Examen de surveillance

V68 Visites à des fins administratives

V70 Examens médicaux généraux

V71 Observations et expertises pour des affections suspectées

V72 Investigations et examens spéciaux

V75 Examen spécial de dépistage de maladies infectieuses

V76 Examen spécial de dépistage des tumeurs malignes

V78 Examen spécial de dépistage des troubles du sang et de organes hématopoïétiques

V82 Examen spécial de dépistage d'autres affections

EME Examen médical préalable à l'emploi (V70)

EMP Examen médical périodique (V71)

EPS Évaluation provisoire de la santé (V71)

CON Consultation médicale (visite à l'infirmerie) (V40, aussi V67 et V76)

RAS Rien à signaler

PED Pas encore diagnostiqué

NJF N'a jamais fumé

ACF A cessé de fumer

Figure 1. Principales méthodes de liquéfaction du charbon

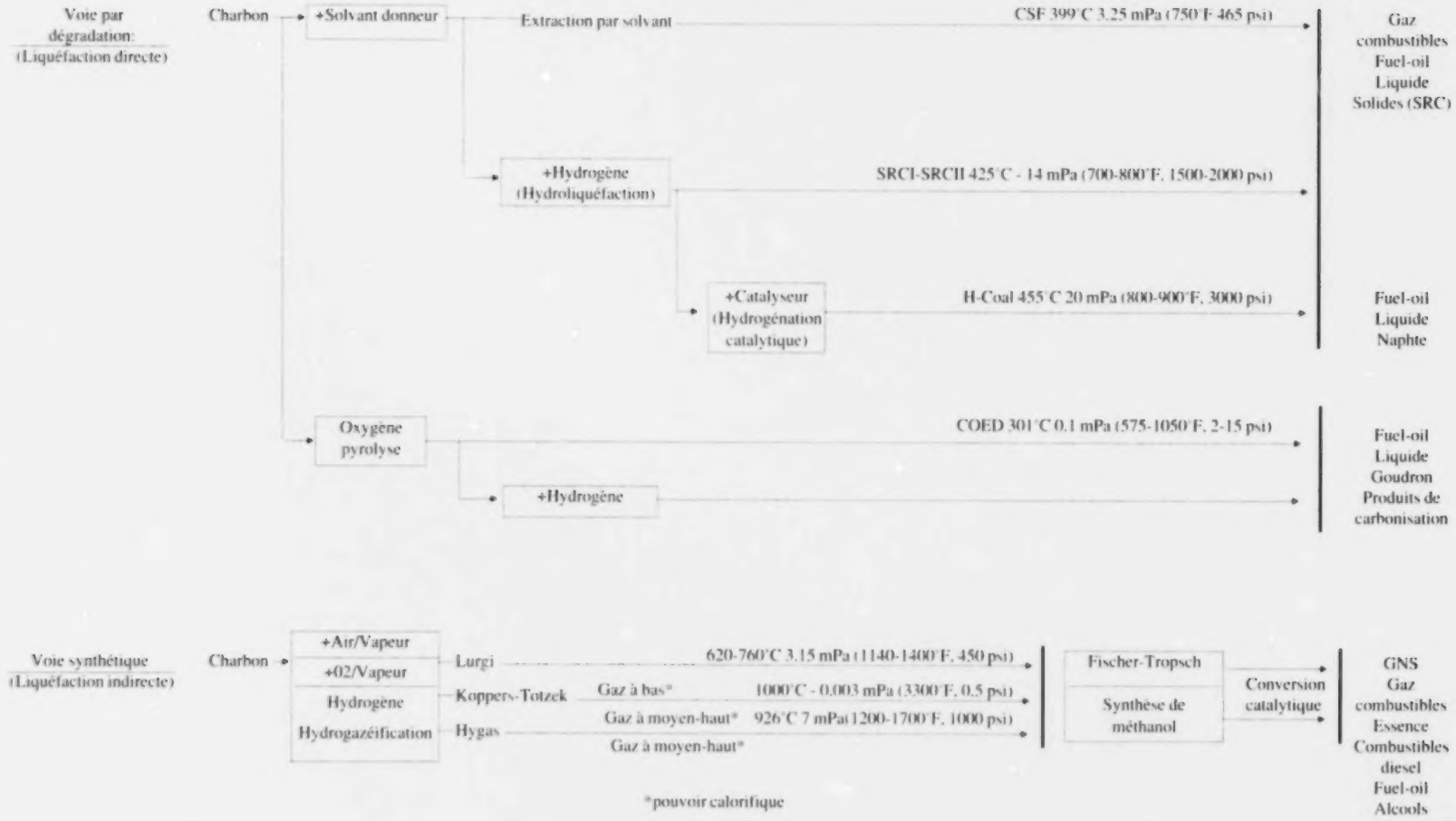

Figure 2. Schéma de fonctionnement simplifié du procédé de pyrolyse flash CSIRO

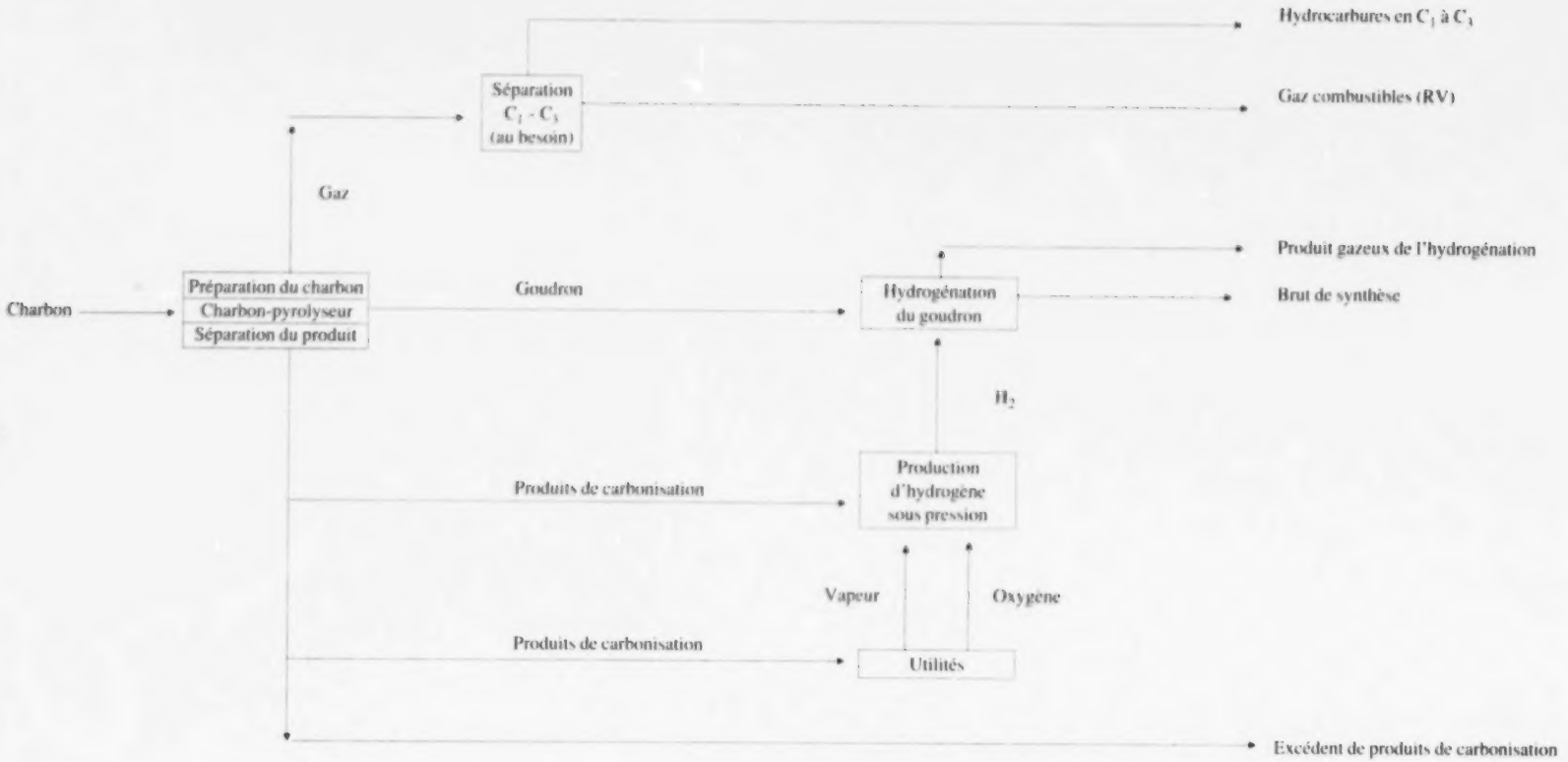

Figure 3. Étapes du procédé de gazéification du charbon

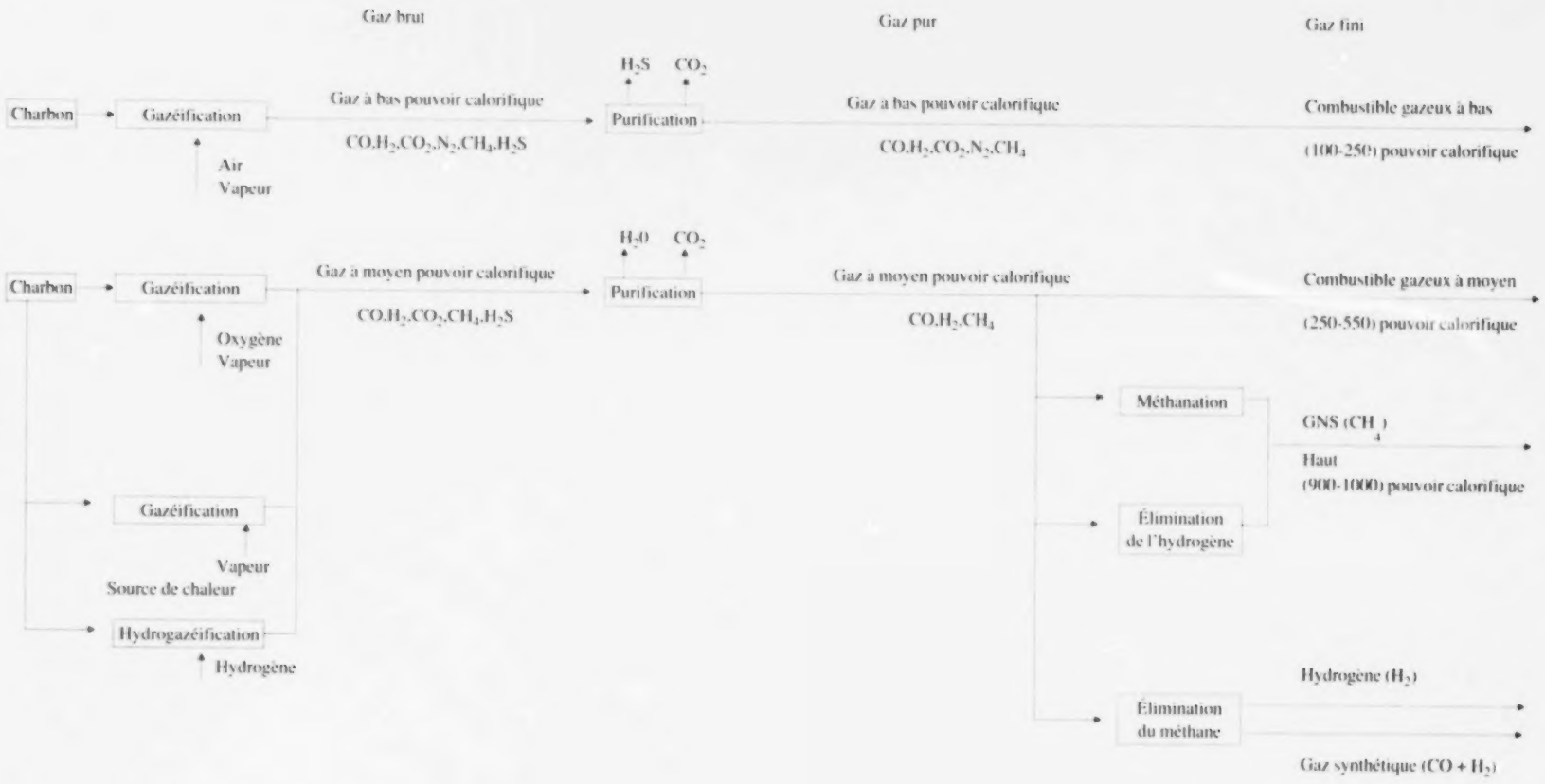

Figure 4. Unité de liquéfaction du charbon à écoulement continu du CANMET

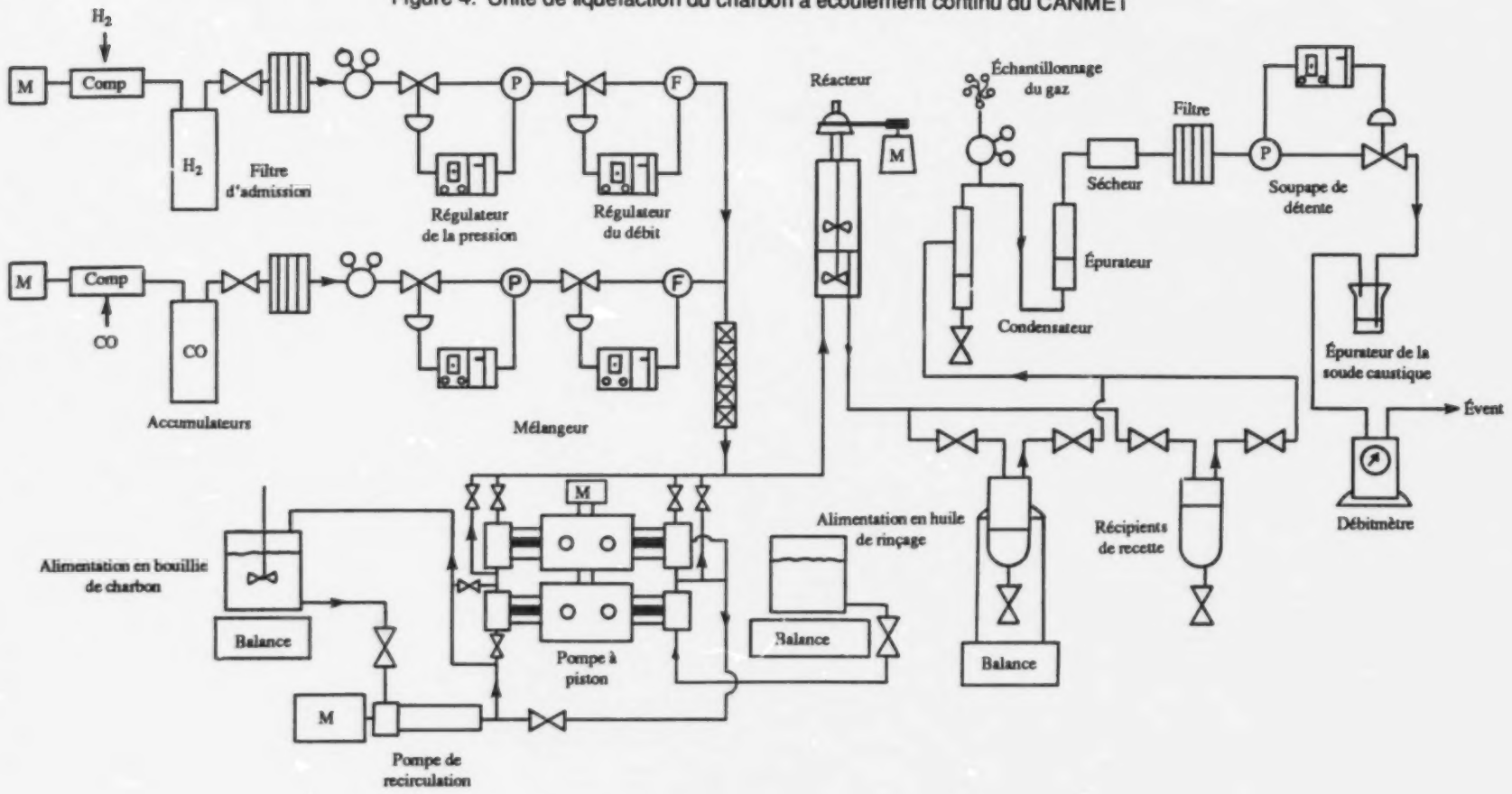

Figure 5. Surveillance de la santé - Travailleurs de la liquéfaction du charbon

Antécédents de travail

Nom de famille _____ 1er Prénoms _____ 2e _____ ____
Occupation habituelle _____ Désignation du poste actuel _____ N° Employé _____

Les renseignements suivants sont requis pour élaborer un programme de surveillance de la santé vous concernant. Veuillez énumérer tous les postes occupés, en commençant par le poste que vous occupez présentement.

Type d'industrie Site de l'industrie Désignation de l'emploi Durée de l'emploi									
	de: Année		Mois		de: Année		Mois		
Activités principales de l'emploi Dangers particuliers Énumérez les substances (Estimez le degré d'exposition) - F,M,E*									
	Poussières		Gaz		Produits chimiques		Radiations		Bruit

Type d'industrie Site de l'industrie Désignation de l'emploi Durée de l'emploi									
	de: Année		Mois		de: Année		Mois		
Activités principales de l'emploi Dangers particuliers Énumérez les substances (Estimez le degré d'exposition) - F,M,E*									
	Poussières		Gaz		Produits chimiques		Radiations		Bruit

*F = Faible exposition; M = Exposition moyenne; E = Exposition élevée

Figure 6. Surveillance de la santé - Travailleurs de la liquéfaction du charbon

Antécédents familiaux

Confidentiel

Les renseignements suivants sont requis pour compléter vos antécédents personnels de santé.

1. Veuillez indiquer si l'un ou l'autre de vos parents par le sang (père, mère, frère et soeur) a eu les maladies suivantes:

	Oui	Non	Ne sais pas	Si oui, nom du parent
Diabète	____	____	_____	_____
Tuberculose	____	____	_____	_____
Cancer	____	____	_____	_____
Maladies cardiovasculaires	____	____	_____	_____
Tension artérielle élevée	____	____	_____	_____
Accident vasculaire cérébral	____	____	_____	_____

2. Si vous avez un conjoint, veuillez indiquer le genre de travail (rémunéré ou non) qu'il (elle) fait_____
   Veuillez indiquer la dernière période continue de travail (années) _____

3. Si vous avez des enfants, veuillez indiquer le sexe et la date de naissance (ou l'âge) de tous vos enfants, en commençant par l'aîné. Veuillez également indiquer s'ils souffrent d'une maladie quelconque. Ont-ils un handicap ou une anomalie congénitale. Dans le cas d'un enfant décédé, veuillez donner l'année et la cause du décès.

H	F	Date de naissance Année/mois/jour	Maladies particulières	Si décédé, âge et cause
____	____	_____	_____	_____
____	____	_____	_____	_____
____	____	_____	_____	_____
____	____	_____	_____	_____
____	____	_____	_____	_____
____	____	_____	_____	_____

Si vous avez besoin de plus d'espace, veuillez utiliser l'endos de ce formulaire

4. Si vous êtes une femme, avez-vous fait des fausses couches ou avez-vous eu des enfants mort-nés?
   ou
   Si vous êtes un homme, votre épouse actuelle ou précédente a-t-elle fait des fausses couches ou a-t-elle eu des enfants mort-nés?

   Si oui, combien? _____ et en quelles années? _____

Date: année _____ mois _____ jour _____

Figure 7. Liste de certains risques particuliers*

L'exposition peut se produire au cours du travail, des loisirs ou de passe-temps par l'absorption de POUSSIÈRES, de FUMÉES, de VAPEURS ou d'AÉROSOLS par les voies respiratoires. La peau peut également entrer en contact avec diverses substances et il peut y avoir exposition à des RADIATIONS et au BRUIT.

Pour chaque exposition, veuillez indiquer si elle s'est produite pendant le travail, au cours d'un passe-temps ou d'activités de loisir, combien d'années elle a duré et combien de mois par année vous avez été exposé.

Matières	Exposition au cours		Exposition		Fréquence: mois par année
	Du travail	De loisirs ou passe-temps	De (année)	À (année)	
A. **POUSSIÈRES**					
Amiante					
Charbon					
Silice					
Minerai de fer					
Autres (précisez)					
B. **PRODUITS CHIMIQUES**					
Herbicides					
Fongicides					
Insecticides					
Pétrole brut					
Huile de schiste					
Huiles de coupe					
Combustible diesel					
Goudrons					
Produits du charbon					
Colorants					
Solvants					
Autres (précisez)					
C. **MÉTAUX**					
Arsenic					
Chrome					
Nickel					
Cadmium					
Mercure					
Plomb					
Autres (précisez)					

Figure 7. Suite

D. RADIATIONS
- Lumière U V
- Rayons X
- Radon
- Autres (précisez)

E. AUTRES
- Fumées d'échappement
- Fabrication des plastiques
- Fabrication du caoutchouc
- Fabrication des accumulateurs
- Production du coke
- Bruit
- Fumées de soudure
- Électroplaquage
- Autres
- (précisez)

*Adaptation d'un formulaire utilisé par le *Provincial Cancer Hospitals Board* de l'Alberta

Figure 8. Résumé des données à obtenir pour déterminer l'état de santé

#ID

NAS

INITIALES

DATE DE NAISSANCE

PPM

PEM

IHA

CON

SPE

DATE

SYMPTÔMES, RÉSULTATS*

PPM = Examen médical préalable à l'emploi
PEM = Examen médical périodique
IHA = Évaluation provisoire de la santé
CON = Consultations auprès du personnel de la santé du travail
SPE = Interventions spéciales

*Il faut consigner sous forme d'information codée les raisons de toute intervention médicale, les symptômes, les résultats et les diagnostics.

Figure 9. Aperçu des modifications liées à l'état de santé - Rapport annuel

Nom de famille _____ Initiales _____ Numéro de l'employé _____

Numéro d'assurance sociale _____ Date de naissance année ____ mois _____ jour _____

Adresse _____ Code postal _____

MODIFICATIONS DE L'EMPLOI:

Nouvelles fonctions: Date année ____ mois _____ jour _____

Désignation du nouveau poste: _____ Endroit_____:

Activités:_____

Changement d'emploi: Date année _____ mois _____ jour _____

Nom du nouvel employeur _____

Province _____ Ville/endroit _____

Retraite: Date année _____ mois _____ jour _____

Adresse_____

Ville/endroit _____ Prov. _____ Code postal _____

Modifications des antécédents familiaux: _____

_____

Modifications des risques assumés: _____

_____

Absences du travail pour raisons médicales (dates, durée, raisons) _____

_____

Figure 10. Profil de l'état de santé - Mise à jour annuelle pour l'année 19??

#ID

NAS

Initiales

Date de naissance

N^bre* de consultations

N^bre d'absences (jours)

Symptômes, résultats**

* Nombre de consultations (contact) avec le personnel médical y compris les visites à l'infirmerie.

** L'information codée ayant trait aux symptômes et aux NOUVEAUX RÉSULTATS ou à des MODIFICATIONS par rapport à des résultats déjà signalés depuis le premier examen ou l'examen de base. Les modifications au sujet de résultats déjà signalés doivent être identifiés en utilisant les codes accessoires "e" pour "évolution" et "a" pour "amélioration".

Figure 11. Modules d'information et fichiers

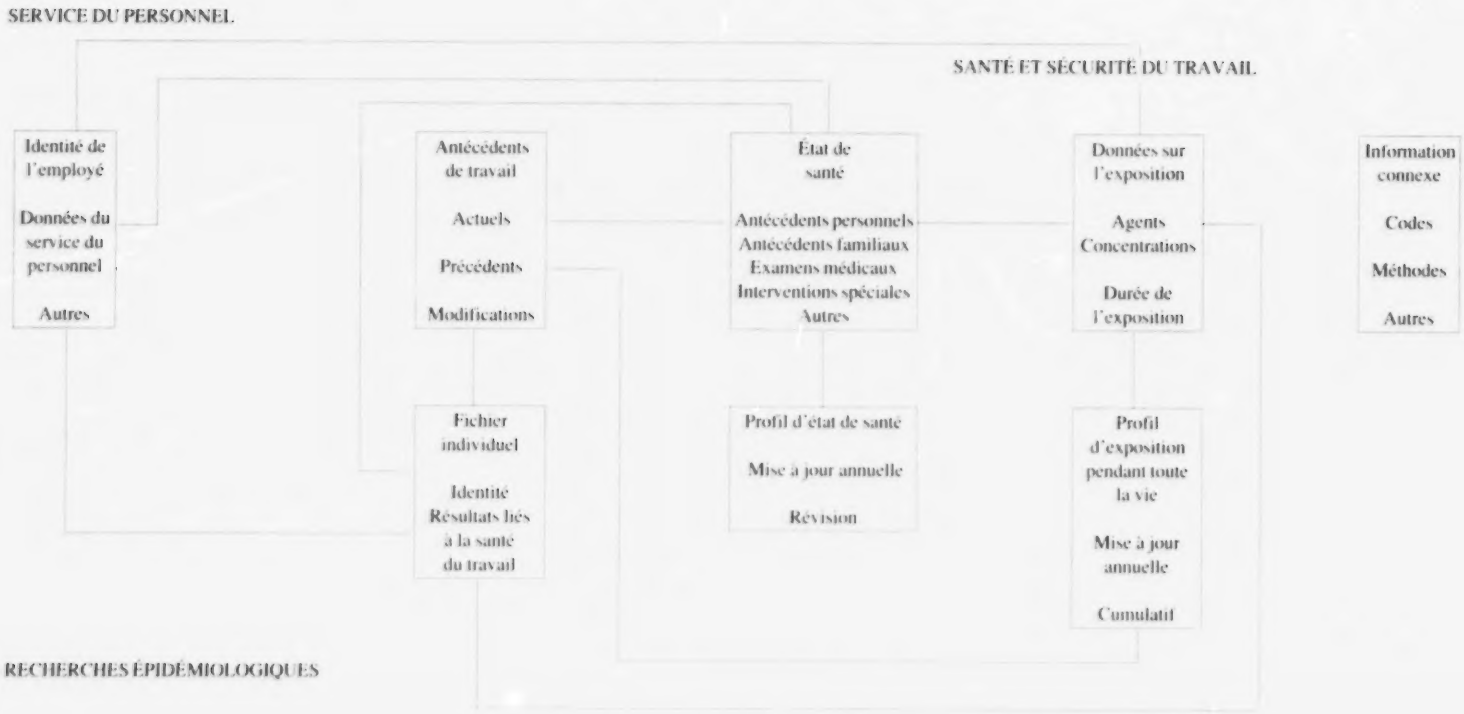

Tableau 1. Liste des produits obtenus par gazéification Lurgi, Koppers-Totzek et Texaco couplée à divers procédés de synthèse[16]

Produit	*Synthèse Fisher-Tropsch*	*Synthèse du méthanol*	*Synthèse de l'essence Mobil MTG*
Liste des produits(a) - gazéification de Lurgi			
Distillat léger (essence/naphte)	++	+	++
Distillat moyen (huile diesel/ turbo-combustible)	++	–	–
Distillat lourd (fuel-oil)	+	–	–
Gaz de pétrole liquide	+	–	–
Gaz naturel de synthèse	++	++	+
Alcools	+	++	–
Goudron(b)	++	++	++
Liste des produits - gazéification Koppers-Totzek et Texaco			
Distillat léger (essence/naphte)	++	–	++
Distillat moyen (huile diesel/ turbo-combustible)	++	–	–
Distillat lourd (fuel-oil)	+	–	–
Gaz de pétrole liquide	+	–	++
Gaz naturel de synthèse	++	–	–
Alcools	+	++	–

a Produit principal. ++: produit mineur. +: pas produit en quantité significative. –.
b Le goudron est un produit de l'étape de gazéification Lurgi et ne provient pas d'un procédé de synthèse.

Tableau 2. Dangers présents à diverses étapes du procédé de liquéfaction du charbon[6]

Système/Opération/Procédé	*Dangers*
Manutention du charbon et système de préparation de la bouillie	poussière de charbon, bruit, incendie, explosion, asphyxie, (azote et oxyde de carbone), solvant donneur, brûlures
Système de liquéfaction	phénols, ammoniaque, goudrons, thiocyanates, HPA, oxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, hydrocarbures, incendies, explosions, brûlures, pressions élevées, bruit, cendres, scories, résidus minéraux, catalyseur usé
Système de séparation	huiles, phénols, cyanure d'hydrogène, ammoniaque, sulfure d'hydrogène, brûlures, incendies
Valorisation et purification des gaz	hydrocarbures légers, phénols, ammoniaque, sulfure d'hydrogène, dioxyde de carbone, oxyde de carbone, brûlures, incendies, explosions, pressions élevées
Conversion à la vapeur*	goudron, naphthe, cyanure d'hydrogène, incendies, poussières de catalyseur, brûlures, gaz chauds (oxyde de carbone, hydrogène)
Méthanation*	oxyde de carbone, méthane, nickel carbonyle, poussières de catalyseur usé, incendies, brûlures, méthanol
Installations de traitement des déchets	cyanure d'hydrogène, phénols, ammoniaque, particules, vapeurs d'hydrocarbures, catalyseur usé, boues, soufre, thiocyanates

*Liquéfaction indirecte

Tableau 3. Aperçu des effets sur le milieu des catégories d'effluents organiques résultant de la conversion du charbon[15]

Catégorie	*Toxicité aiguë*	*Effets chroniques*
Phénols	Élevée	Faibles
Composés monoaromatiques	Modérée	Faibles
Composés aromatiques polycycliques	Faible	Élevés
Amines aromatiques	Modérée	Élevés
Thiophènes	Modérée	Élevés

Tableau 4. Aperçu des données de toxicité associées aux produits de la liquéfaction du charbon

A: Liquéfaction directe

Toxicité:	
Huile de synthèse	- Faible toxicité par voie orale, oculaire et cutanée (toxicité cutanée aiguë chez les rats; irritation de la peau et de l'oeil chez le lapin) dans le cas des liquides dérivés du charbon[37].
H-Coal	- Échantillons moyennement toxiques - DL_{50} aiguë: 0,5 - 5 g/kg[38]; - Pas de toxicité cutanée ou oculaire manifeste[38]; - Formes extrêmes inattendues de neurotoxicité associées à une exposition cutanée aux produits légers de pouvoir cancérigène minime[38].
SRC I	- Le produit et le résidu minéral sont relativement peu toxiques. DL_{50} par voie orale chez les rats dépasse 15 g/kg; DL_{50} par voie cutanée chez le lapin dépasse 10 g/kg[39]; le solvant de rinçage est le plus toxique[31]; - Substances du procédé et solvant de rinçage relativement peu toxiques par inhalation[39]; - Le résidu minéral humide, le solvant de rinçage et l'huile légère provoquent une grave irritation de l'oeil chez les lapins, alors que les autres produits testés ne donnent que de légères réactions[39]; - Degré de toxicité apparente*: SRC I > schiste bitumineux > huile diesel > pétrole naturel brut[31].
SRC II	- Naphthe - toxicité aiguë plus ou moins importante par absorption cutanée à des doses passablement élevées (contrairement au naphthe des procédés EDS et H-Coal testés)[40]; - Les distillats légers, moyens et lourds sont moyennement toxiques mais moins que le solvant de rinçage du procédé SRC I; plus toxique que le schiste bitumineux brut, l'huile diesel et le pétrole brut[31].
COED	- DL_{50} aiguë par voie orale pour le brut de synthèse COED (souris) > 5,0 g/kg et faible toxicité oculaire et cutanée[37].
Toxicité pour la fonction de reproduction	
SRC I	- L'huile légère et le solvant de rinçage ont produit des effets sur le foetus uniquement à des doses toxiques et mortelles pour la mère[31]; - Le solvant de procédé (fraction à point d'ébullition élevé), a causé une mortalité prénatale à des doses non toxiques pour la mère[31].
SRC II	- Les distillats légers, moyens et lourds présentent un risque légèrement plus élevé pour le foetus que pour la mère lorsqu'ils sont administrés par voie orale chez le rat[32].
Mutagénicité:	
Huile de synthèse	- Huile brute est fortement mutagène[40], nécessite une activation métabolique dans l'épreuve d'Ames[41], et plus de 80% de l'activité est dans la fraction basique[42]; activité mutagène plus élevée que dans le cas des procédés SRC II, COED[42] et le pétrole brut[43]; - Les fractions basiques et neutres également traitées par le système de Mohn avec *E.coli* 343/113 donnent des résultats positifs[44]; - Les fractions basiques ainsi que l'huile brute sont très toxiques dans l'épreuve *in vitro* de mutation génique chez les cellules de mammifères (ovaire de hamster chinois); induction de mutation dépendante de la concentration pour la sous-fraction dans l'acétone en présence d'une activation par les enzymes microsomiques du foie de rat[45]; - Degré de mutagénicité*: huile de synthèse > SRC II[42] > COED[43] > schiste bitumineux > pétrole naturel[42,43].
H-Coal	- Les échantillons de naphthe et de gas oil léger se sont révélés non mutagènes[46]; - Les échantillons du distillat de tête et les échantillons de bas de colonne de la distillation atmosphérique dans le mode fuel-oil étaient faiblement mutagènes[38]; - Les échantillons de brut de synthèse provenant du bas de colonne de la distillation atmosphérique, du distillat de tête de la distillation sous vide et du bas de colonne de la distillation sous vide étaient fortement mutagènes[38]; - Les échantillons de fuel-oil provenant du distillat de tête et du bas de colonne de la distillation sous vide étaient fortement mutagènes[38] et semblaient être plus mutagènes que les échantillons similaires du mode de brut de synthèse[33].

Tableau 4. Suite

SRC I	- Les composés à bas point d'ébullition (huile légère) et à moyen point d'ébullition (solvant de rinçage) ne provoquent pas de transformation chez les colonies de cellules d'embryon de hamster syrien[47]; - Une fraction à point d'ébullition plus élevé produit des transformations plus rapidement qu'avec du pétrole brut (cellules d'embryon de hamster syrien)[32]; - La fraction basique était plus active que la substance non fractionnée et était plus active même après activation[32].
SRC II	- Les fractions alcalines et neutres de l'huile brute sont davantage mutagènes que l'huile de COED[33] mais moins que l'huile de synthèse et le procédé H-Coal[42]; - L'activité mutagène des produits bruts augmente avec le point d'ébullition des distillats[48]; - La coupe de distillation lourde est plus mutagène que le mélange de distillats; les APA semblent jouer un rôle de premier plan[49]; - Les distillats légers et moyens n'ont produit aucune transformation dans les épreuves de transformation cellulaire *in vitro* (cellules d'embryon de hamster syrien)[47]; - Les fractions à point d'ébullition élevé ont produit une proportion plus élevée de colonies transformées que les pétroles bruts (cellules d'embryon de hamster syrien); la fraction basique a donné le pourcentage le plus élevé[32].
COED	- Les fractions basiques et neutres d'huile brute étaient plus mutagènes que les fractions de pétrole brut naturel[42,43]; - Une fraction neutre sans effet dans l'épreuve des aberrations de la chromatide chez les leucocytes humains, sans activation métabolique[50]; - Certaines fractions du brut de synthèse en mode COED ont donné des résultats négatifs dans l'épreuve d'expression de récessivité léthale liée au sexe chez la drosophile[50]; - A toujours donné la plus faible activité mutagène de tous les bruts de synthèse dérivés du pétrole[50]; - Les résultats de l'épreuve d'Ames pour le brut de synthèse en mode COED, une huile pyrolytique obtenue par traitement à l'hydrogène, a présenté une activité moyenne totale d'environ 500 rev./mg. Les échantillons du procédé SRC II étaient deux fois plus élevés et présentaient une activité supérieure à 1 000 rev./mg et les échantillons du procédé de l'huile de synthèse étaient plus de 8 fois plus actif à environ 4 100 rev./mg[50].
EDS	- Les fractions de naphthe à bas point d'ébullition étaient peu ou pas mutagène[40]; - Les fractions à point d'ébullition plus élevé (gas-oils et résidus) ainsi que les huiles brutes étaient mutagènes[40].
Cancérogénécité:	
Procédé Bergius (Hydrogénation catalytique)	- Le résidu de centrifigation, l'huile lourde et l'huile légère en application cutanée (une fois par semaine pendant 15 mois) ont produit, par ordre décroissant, des carcinomes de la peau chez les souris[34]; - Les mêmes produits, en injection intra-musculaire, (1 fois par mois pendant 3 mois) ont produit des sarcomes[34].
Usine d'hydrogénation du charbon	- L'huile légère, de point d'ébullition inférieur à 260°C, de même que ses dérivés, n'ont produit aucune tumeur lorsque appliqués sur la peau de souris (3 fois par semaine pendant 1 an)[35]; - Les produits de point d'ébullition plus élevé (huile moyenne, huile légère, résidu, huile d'empâtage et le brai) présentaient une activité cancérigène augmentant avec le point d'ébullition[35].
Huile de synthèse	- L'huile brute est moyennement cancérigène en application sur la peau des souris (3 fois par semaine pendant 22 semaines et observation pendant 22 semaines); le pouvoir cancérigène augmente avec la dose appliquée et est dans l'ordre: l'huile de synthèse > schiste bitumineux 172 > huile de COED[51,52].
H-Coal	- Aucune tumeur observée pour le naphte du procédé H-Coal (mode brut de synthèse)[40]; - Les distillats se sont révélés extrêmement cancérigènes pour la peau de souris; les substances à point d'ébullition élevé (gas-oils et résidus) sont les plus actives[38]; - Les fractions des modes de brut de synthèse et de fuel-oil sont plus actives que les fractions des procédés EDS et SRC II[40].

Tableau 4. Suite

EDS	- Le naphte n'a produit aucune tumeur[40]; - Les fractions à point d'ébullition élevé ont produit des tumeurs la plupart du temps (gas-oil lourd, gas-oil sous vide et résidus)[40].
SRC II	- Le distillat lourd a un certain pouvoir cancérigène lié à la dose mais non le distillat léger (3 fois par semaine pendant 2 ans)[53]; - Le gas-oil lourd et les autres distillats à point d'ébullition élevé sont pour la plupart cancérigènes[40]; - Cancérogénicité relative: distillats à point d'ébullition élevé > schiste bitumineux > pétrole brut > distillat léger[53]; - Les fractions de goudron basique et neutre sont les plus actives[53]; - Les HPA ont un pouvoir cancérigène élevé qui augmente avec la température de distillation[48]; contrairement au pouvoir mutagène ou les HPA azotés sont plus actifs.
COED	- L'huile brute est moyennement cancérigène, sur une durée de 44 semaines, mais moins que les huiles de synthèse et le schiste brut[51,52]; - Les résultats indiquent que la proportion de cancer est fonction de la dose[51].

B: Gazéification indirecte

I Gazéification (produits du gazéifieur)

Toxicité:	
LURGI	- Un régime contenant jusqu'à 5% de cendres sur une longue période a donné des résultats négatifs chez des rats[54].
UMD	- Les échantillons de goudron du dépoussiéreur électrostatique provenant du gazéifieur du procédé UMD: - légèrement toxiques par voie orale (souris); moyennement toxiques par voie intra-péritonéale[55]; - resultats négatifs dans l'épreuve de toxicité cutanée aiguë (rats)[16]; - pas de lésion ou irritation appréciable de la peau (lapins)[16], irritation ou sensibilisation de la peau chez les cobayes[55]; - irritation et dommages d'intensité moyenne et réversibles aux tissus oculaires (lapins)[55].
HYGAS	- La fraction organique non volatile de l'huile de recyclage Hygas a causé: - de graves irritations oculaires chez les lapins; - une importante sensibilité cutanée retardée chez le cobaye[56].
Toxicité pour le système reproducteur	
LURGI	- L'eau sulfurée non traitée s'est révélée embryotoxique et tératogène chez l'embryon de xénopus[57].
UMD	- Des extraits aqueux de goudron du dépoussiéreur électrostatique (DPE) étaient embryotoxiques et tératogènes pour les amphibiens[55]; - Les cendres résiduelles lessivées par de l'eau distillée étaient embryotoxiques et tératogènes pour les amphibiens[55]; - Le goudron du DPE a diminué la survie postnatale, s'est révélée cytotoxique et tératogène jusqu'à un certain point dans l'essai à la touche chez la souris mais il n'y avait pas évidence d'induction de mutation[55]; - Le goudron du DPE a causé une perte provisoire de la capacité de reproduction chez les souris. On a décelé une augmentation des mutations de léthalité dominante à tous les stades de la spermatogénèse[55].
Mutagénèse:	
UMD	- Goudrons provenant du gazéifieur du procédé UMD: les échantillons se sont révélés plus ou moins mutagènes et quelques-uns se sont révélés hautement mutagènes (épreuve d'Ames avec activation métabolique)[55];

Tableau 4. Suite

	- Ils se sont révélés également mutagènes chez la levure mais on n'a observé aucune mutation léthale dominante chez les souris mâles; un échantillon n'a pas donné de mutations somatiques dans l'essai à la touche chez la souris[16]; - Les fractionnement des goudrons du DPE a révélé que l'activité mutagène provenait principalement de la fraction basique et que les constituants de la fraction neutre n'y contribuaient qu'accessoirement[55] (voir les fractions basiques et neutres des autres produits liquides dérivés du charbon et l'activité mutagène relativement minime des pétroles naturels provenant également de la fraction neutre)[42]; - Les goudrons du DPE ont une activité moyennement mutagène alors que les pétroles bruts ont une faible activité mutagène et les liquides ont une activité mutagène relativement élevée. Les résultats indiquent l'ordre suivant: huile de synthèse > SRC II > goudron du DPE du procédé UMD > COED > huile de schiste > pétrole[55].
METC	- Un condensat de gaz brut et des échantillons de gaz (gouttelettes d'aérosol du cycle de procédé) se sont révélés mutagènes dans l'épreuve d'Ames avec activation[16]; - La mutagénicité est associée aux HPA neutres, polaires et basiques[16].
HYGAS	- Les huiles provenant du gazéifieur du procédé Hygas sont faiblement mutagènes[16]; - Les substances du cycle de procédé Hygas présentaient un pouvoir mutagène négligeable ou faible mais non sans activation[58]; - Les fractions volatiles du procédé Hygas (<200°C) ne présentaient pas un pouvoir mutagène significatif[58]; - Les fractions non volatiles (>200°C) étaient moyennement mutagènes; on a calculé que les fractions non volatiles de l'huile de recyclage avaient un pouvoir mutagène dix fois moins élevé que celui du BaP[58]; - La mutagénicité était associée à la fraction neutre (20%) et à la fraction basique (20% - 50%)[16]; - Les APA étaient en grande partie responsables de la mutagénicité[59] mais une partie était due aux aza-arènes[16].
Cancérogénicité:	
UMD	- Une fraction de goudron du gazéifieur du procédé UMD, appliquée trois fois par semaine pendant 32 semaines, s'est révélé beaucoup plus puissant (30x) comme agent cancérigène de la peau chez les souris que les pétroles naturels (en dépit d'une activité mutagène de 232 rev./mg)[16]; - Quoique beaucoup moins cancérigène que le BaP, le goudron du procédé UMD était quand même un agent cancérigène actif[16]; - Il a également donné des résultats positifs dans l'épreuve de l'adénome du poumon de souris à la plus élevée des trois doses; un autre échantillon de goudron s'est révélé faiblement positif à une dose inférieure mais était toxique à cette dose[16].
HYGAS	- Des composés organiques non volatiles provenant d'une huile de recyclage appliqués trois fois par semaine pendant 36 semaines se sont révélés faiblement cancérigènes (30 fois moins que le BaP) pour la peau de souris; l'huile de recyclage non fractionnée était encore moins cancérigène[58]; - Un APA s'est révélé cancérigène pour les souris nouveau-nées mais non pour des souris adultes[58].
II Synthèse (Produits de liquéfaction)	
Toxicité:	
Fischer Tropsch	- Les produits liquides sont principalement de nature aliphatique et leur transformation ultérieure leur conférerait une toxicité semblable à celle des produits pétroliers naturels; - Le méthanol est l'un des produits finals. Sa toxicité pour les humains est bien connue. Chez les animaux, le méthanol s'est révélé non tératogène et non mutagène dans une foule de tests. Nous ne possédons aucune donnée sur son pouvoir cancérigène. Il y a également lieu d'étudier la toxicité de la formaldéhyde, un intermédiaire dans l'oxydation du méthanol en formate. Sa mutagénicité est reconnue dans plusieurs épreuves de même que son pouvoir cancérigène chez les animaux[16].
MOBIL MIG	- Le durène (1,2,4,5-tétraméthylbenzène, un constituant mineur de l'essence Mobil, n'est que légèrement toxique à court terme[16];

Tableau 4. Suite

	- La zéolite utilisée comme catalyseur ne devrait pas présenter de biotoxicité aiguë ou à long terme si elle se présente sous une forme semblable à celle des granulés de type A[16]; - Le procédé Mobil MIG peut transformer le méthanol en essence. Il faudrait étudier sa toxicité comme dans le procédé Fischer Tropsch ci-dessus.
Cancérogénicité	
Fischer Tropsch	- Les fractions du procédé Fischer-Tropsch (l'eau de réaction, l'huile légère et l'huile lourde) n'étaient pas cancérigènes lorsque appliquées sur la peau de souris et n'ont pas produit de sarcomes chez les rats en injection intramusculaire[34]; - Cinq liquides (condensat de synthèse, matière première de craquage, gas-oil, essence brute et huile de refroidissement usagée) ont été utilisés dans des épreuves de cancérogénicité chez la souris (2 fois par semaine pendant toute l'année) et chez les lapins (2 fois par semaine pendant 25 mois) et ont donné des résultats essentiellement négatifs (Hueper, 1955); - L'injection intramusculaire des cinq liquides (une fois par semaine pendant 3 semaines et répétition après deux mois) ont donné des résultats non concluants.

C. Études non particulières à un procédé

Toxicité pour le système reproducteur	
	- Des extraits aqueux de mélanges complexes se sont révélés hautement embryotoxiques et tératogènes pour le système xénopus et les concentrations tératogènes se rapprochaient des valeurs de la DL_{50}[16]; - Les résultats indiquent que les fractions polyaromatiques, acides et possiblement les fractions basiques renferment des agents tératogènes puissants[16]; - Les essais avec des composés purs, quoique limités, ont révélé que les aza-arènes à plusieurs cycles sont des tératogènes puissants; les HPA inhibent le développement de l'embryon; le BaP est tératogène dans les épreuves *in vivo* chez les mammifères[16]; - De nombreux éléments traces dont les effets ont été étudiés chez des animaux entiers se sont révélés tératogènes dans l'ordre suivant: plomb = cadmium > sélénium > nickel > titane > molybdène > arsenic[60].
Cancérogénicité	
	- Le BaP, le DMBA et le 3-MCA sont des agents cancérigènes transplacentaires reconnus[61]; - Un APA, le 6-aminochrysène, est cancérigène pour les souris nouveaux-nées mais non pour les femelles adultes[62].

Tableau 5. Propriétés cancérigènes de certains HPA et dose oncogène minimale efficace (dose seuil)[64]

Anthracène	?	3 300 mg/kg	(souris)
Benzo(a)anthracène	+	2 mg/kg	(souris)
Benzo(b)fluoranthène	++	40 mg/kg	(souris)
Benzo(j)fluoranthène	++	288 mg/kg	(souris)
Benzo(k)fluoranthène	–	72 mg/kg	(souris)
Benzo(a)pyrène	+++	0,002 mg/kg	(6 espèces)
Benzo(e)pyrène	+	140 mg/kg	(2 espèces)
Benzo(ghi)pérylène	–	–	
Chrysène	+	99 mg/kg	(2 espèces)
Dibenzo(a,h)anthracène	+++	0,006 mg/kg	(5 espèces)
Fluoranthène	–	–	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	+	72 mg/kg	(souris)
Phénanthrène	?	71 mg/kg	(souris)
Pérylène	–	–	
Pyrène	–	10 000 mg/kg	(souris)
Fluorène	?		

Tableau 6. Substances chimiques dans les cycles de procédés, les effets* sur les organes cibles et les observations médicales

Organes cibles	*Substance chimique*	*Effets sur la santé (aigus/chroniques)*	*Observations médicales*	*Tests spéciaux*
Peau (et yeux)	Phénol et composés phénoliques - Crésol - Créosote	Érythème, dermatite, brûlures de la peau, photosensibilisation, kératite, cancer de la peau	Relever les antécédents de sensibilisation (également les maladies hépatiques et rénales)	Épidermo-réaction effectuée uniquement en cas de photosensibilisation présumée (non dans le cadre d'un examen pré-médical)
	Aérosols de naphte brut Solvants de pétrole raffiné	Irritation de la peau, des yeux, des voies respiratoires supérieures, gerçures, brûlures, photosensibilisation	Insister sur l'hygiène personnelle	Excrétion du phénol urinaire
	Brai résiduel, goudrons	Photosensibilisation, cancer de la peau	Examens périodiques de la peau	Photographie de la peau
Appareil respiratoire	Vapeurs irritantes, gaz dont SO_2, NH_3, NOx, etc.	Irritation des voies respiratoires, laryngite, trachéite, bronchite chronique, pneumonie, oedème pulmonaire, asphyxie	Relever les antécédants de maladies respiratoires et d'exposition à des polluants	Radiographie pulmonaire Tests de la fonction pulmonaire
	Particules: - charbon, silice	Bronchite, modifications de la fonction pulmonaire, pneumoconiose, silicose	Évaluation périodique	Radiographie des poumons et tests de la fonction pulmonaire
	PVBH**	Cancer du poumon (exposition à long terme)	Évaluation périodique	Cytologie des crachats
Foie et reins	Composés phénoliques - crésol	Une exposition chronique peut provoquer des dysfonctionnements du foie et des reins	Antécédants de maladies hépatiques ou rénales importants (aussi effets sur le SNC et sur la peau)	Épreuves de la fonction hépatique, par ex. bilirubine sérique, SGOT, SGPT, tests de la fonction rénale
	Disulfure de carbone	Dysfonctionnement du foie avec taux anormal de cholestérol sérique, (troubles menstruels chroniques)	Relations importantes avec les maladies cardiovasculaires	CS_2 dans l'haleine, le sang, l'urine fonction hépatique, ECG

Tableau 6. Suite

	Naphthylamines	Cancer de la vessie	Antécédants de travail dans l'industrie des colorants, du caoutchouc	Cytologie urinaire
Système hématopoïétique	Naphthe de charbon - benzène	Myélotoxicité - anémie, leucopénie, thrombocytopénie, leucémie	Relever les antécédants d'exposition, de maladies du sang (ne pas oublier la peau et le SNC)	Examen sanguin complet Excrétion du phénol urinaire
Système nerveux central	Crésol, solvants disulfure de carbone	Étourdissements, confusion mentale, faiblesse musculaire, somnolence, irritabilité, insomnie, tremblements, polynévrite	Les effets toxiques chroniques des solvants sont maintenant reconnus, un examen neurologique détaillé s'impose	Excrétion du phénol urinaire, excrétion de l'acide hyppurique, disulfure de carbone dans l'haleine, le sang et l'urine
	Oxyde de carbone	Intoxication avec séquelles au niveau du SNC, asphyxie	Sensibilité du foetus et de la femme enceinte importante à considérer	Dosage de la carboxy-hémoglobine
	Sylfure d'hydrogène	Irritation des voies respiratoires supérieures, dépression du SNC, paralysie		
Appareil cardiovasculaire	Disulfure de carbone Oxyde de carbone, phénol	Artériosclérose avec effets cardiaques	Antécédents et durée de l'exposition importants à préciser	Examen électro-cardiographique

* Le type d'effet devrait varier en fonction de la durée et de la gravité de l'exposition.

** Les produits volatils du brai de houille sont des produits de la distillation sèche du charbon et renferment des hydrocarbures polynucléaires aromatiques, généralement sous forme de vapeurs en association avec des particules ou sous forme de particules.

Tableau 7. Données épidémiologiques reliant les combustibles fossiles et le cancer*

Référence	*Population cible*	*Organe(s) cible(s)*
Pott 1775	Ramoneurs, en Angleterre	Scrotum
Volkmann 1875	Travailleurs du goudron et de la lignite	Scrotum
Bell 1876	Travailleurs de l'huile de schiste	Scrotum
Rehn 1895	Travailleurs dans les colorants anthracéniques synthétiques	Vessie
Lueke 1907	Travailleurs du carbone	Peau
Henry 1931	Travailleurs du goudron de houille	Vessie
Kuroda 1936	Travailleurs du gaz de houille	Poumons
Kennaway 1936	Travailleurs de la carbonisation du charbon	Poumons, larynx
Henry 1946, 1847[91]	Travailleurs du goudron de houille et de l'huile de schiste	Scrotum
Kennaway 1947	Paveurs, travailleurs du gaz, ramoneurs	Poumons
Cruickshank 1950, 52[92-3]	Travailleurs de l'huile minérale, des métaux	Peau
Doll 1952[94]	Travailleurs des cornues à gaz	Poumons
Mastromatteo 1955[95]	Travailleurs utilisant des huiles de coupe	Peau
Anon 1958	Travailleurs du gaz de houille et du coke	Estomac, reins, pancréas
Bruusgaard 1959	Travailleurs des cornues à gaz	Vessie
Sexton 1959[76]	Travailleurs de la liquéfaction du charbon	Peau
Doll 1965	Travailleurs du gaz	Poumons, vessie
Kawai 1967[96]	Travailleurs du gaz	Poumons
Mancuso 1967[97]	Travailleurs utilisant de la bêta-naphthylamine et de la benzidine	Vessie, reins, pancréas
Lloyd 1969, 1971[66]	Travailleurs de l'acier, producteurs de coke	Poumons
Doll 1972[98]	Travailleurs du gaz	Poumons, vessie, scrotum
Redmond 1976[100]	Travailleurs de l'acier, producteurs de coke	Poumons, tube digestif, reins, pancréas
Hammond 1976[101]	Couvreurs	Poumons, tube digestif, vessie, peau
Purde 1979[102]	Travailleurs du raffinage de l'huile de schiste	Peau
Gibbs 1979[103]	Travailleurs dans les usines de réduction	Poumons
Thériault 1979[104]	Travailleurs dans les raffineries de pétrole	Cerveau
Hanis 1979[105]	Travailleurs dans les raffineries de pétrole	Estomac, poumons, oesophage
Thomas 1980[106]	Mâles de race blanche dans les raffineries de pétrole	Peau, estomac, cerveau
Rushton 1981[107]	Travailleurs dans les raffineries de pétrole	Tube digestif, sinus nasals, oesophage, mélanome
Rockette 1983[108]	Travailleurs de la réduction de l'aluminium	Tissue lymphoïdes, pancréas
Howe 1983[109]	Travailleurs exposés à des vapeurs de carburant diesel ou à des poussières de charbon	Poumons
Mills 1984[110]	Travailleurs de l'extraction du pétrole ou du gaz naturel	Testicules
Hanis 1983[111]	Travailleurs dans les raffineries	Reins
	ou les usines de produits chimiques	
McCraw 1985[112]	Travailleurs dans les raffineries	Leucémie

*Extension de la liste originale préparée par Pucknat[90]

Tableau 8. Cas de cancer et mesures des HPA dans certaines industries

Industrie	*Cancers signalés*	*Mesures dans le milieu*
Production de gaz	Cancer du poumon - 2 à 4 fois plus que dans la population générale au R.-U. et presque 2 fois plus que la population en milieu urbain à Londres[94]	BaP: Concentration moyenne de 3µg/m^3 200 µg/m^3 au-dessus des installations de cornues 2 300 µg/m^{3}dans les vapeurs de cornues[113]
	Cancer de la vessie - excédents significatifs[98]	Bêta-naphthylamine 0,2µg/m^3[98] même quantité d'alphanaphthylamine
	Cancer du scrotum	
Fours à coke	Cancer du poumon - 2,5 fois plus élevé que prévu; risque presque 5 fois plus élevé pour les travailleurs près du haut des fours; risque 10 fois plus élevé pour ceux qui travaillent plus de 5 ans[66]	BaP: 1,2 - 15,9 µg/m^3 près du haut des fours 0,025 - 1,18 µg/m^3 à 90-275m des fours[114]
	Cancer du poumon - les travailleurs à plein temps près du haut des fours avec 5 années d'exposition ont un risque estimé de presque 11 fois plus élevé; 2,5 fois plus élevé pour ceux qui travaillent à côté des fours[100]	1,3 - 42,73 µg/m^3 à côté du haut des fours, valeurs plus élevées aux endroits où se font des prélèvement et à d'autres endroits 0,0 - 12,1 µg/m^3 à 100 mètres[115]
	Cancer des reins - seulement parmi les hommes exposés près des fours[100]	PVBH: 357 - 1 670 µg/m^3 sur le plancher 7,2 - 322 µg/m^3 hors zone (soluble dans le cyclohexane)[114]
	Cancer du tube digestif - travailleurs non affectés aux fours[66,100]	
	Cancer du pancréas chez les travailleurs non affectés aux fours[100]	
	Cancer du poumon - 3 à 10 fois plus élevé que chez le groupe témoin; augmente avec l'exposition de plus de 200 mg/m^3 mois[116]	PVBH: exposition moyenne près du haut des fours: 3,15 mg/m^3; près du four I: 1,99 mg/m^3; et près du four II: 0,88 mg/m^3[116]
Industrie de la couverture et de l'imperméabilisation	Cancer du poumon - chez des couvreurs ayant plus de 20 ans d'exposition: RSM: 1,59[101]	BaP: 14 µg/m^3 dans les zones de goudronnage des toits; 75 µg/m^3 dans les zones de brai de houille[101, 113]
	Cancers de l'appareil digestif (sites multiples) - Ratios indiquent un risque accru avec l'exposition[101]	BaP: sur les masques pendant une journée de travail de 7h: valeur moyenne pour les pelleurs de 53,0 µg/m^3, pour les râcleurs, 51,8 µg/m^3 et pour les chaudronniers, 31,0 µg/m^3[101]
	Vessie et peau[101]	
Liquéfaction du charbon	Cancer de la peau - 16 à 37 fois l'incidence dans la population générale[76]	BaP: >0,05 µg/m^3 - valeur maximale observée de 18 µg/m^3[117]
	Cancer de la peau - chez 3 de 190 travailleurs[78]	

Tableau 9. Exposition des travailleurs aux polluants aéroportés dans deux usines pilotes de liquéfaction du charbon

Contaminant	*Recommandations basées sur les normes d'hygiène de l'OSHA (NIOSH)*	*Procédé faisant appel à un solvant donneur ou à l'hydrogénation catalytique*						*Procédé faisant appel à un solvant donneur*					
		Techniciens sur le terrain		*Entretien*		*Techniciens en laboratoire*		*Techniciens sur le terrain*		*Entretien*		*Techniciens en laboratoire*	
		N° d'échantillons	*Écart (moyenne)*[d]	*N° d'échantillons*	*Écart (moyenne)*[d]	*N° d'échantillons*	*Écart (moyenne)*[d]	*N° d'échantillons*	*Écart (moyenne)*[d]	*N° d'échantillons*	*Écart (moyenne)*[d]	*N° d'échantillons*	*Écart (moyenne)*[d]
HPA totaux ($\mu g/m^3$)[a,c]	–	12	0,1-0,3 (0,2)	6	0,02-0,5 (0,2)	3	0,05-0,3 (0,2)	12	3-260 (63)	2	85-130 (108)	3	1,22 (9)
Benzène (ppm)[b]	10 (1)	–	–	–	–	3	0,04	7	0,01-0,02	1	– (<0,02)	3	<0,01
Toluène (ppm)[b]	200 (100)	–	–	–	–	3	0,08	7	0,01-0,1	1	– (0,08)	3	<0,1
Xylène (ppm)[b]	100 (100)	–	–	–	–	3	<0,01	7	0,01-0,04	1	– (0,04)	3	<0,01
Aniline (ppm)[c]	5	15	<0,1	5	<0,1	3	<0,1	12	0,01-0,02	1	– (0,3)	3	<0,02
N,N-Diméthylaniline (ppm)[c]	5	15	<0,08	5	<0,08	3	<0,07	12	<0,01	1	– (0,02)	3	<0,01
2,4-Diméthylaniline (ppm)[c]	–	15	<0,05-0,1	5	<0,08	3	<0,07	12	<0,04	1	– (<0,02)	3	<0,02
p-Nitroaniline (ppm)[c]	1	15	<0,07	5	<0,07	3	<0,06	–	–	–	–	–	–
o-Toluidine (ppm)[c]	5	15	<0,09	5	<0,09	3	0,1	12	<0,02	1	– (<0,02)	3	<0,01
o-Anisidine (ppm)[c]	0,1	15	<0,09	5	<0,1	3	<0,1	12	<0,02	1	– (<0,03)	3	<0,02
p-Anisidine (ppm)[c]	0,1	15	<0,1	5	<0,1	3	<0,1	12	<0,02	1	– (<0,03)	3	<0,02

Tableau 9. Suite

[a]Le prélèvement a été effectué à l'aide d'une cassette de 37 mm renfermant un filtre à membrane d'argent disposé entre deux garnitures de méthylcellulose suivi de 200 mg de Chromosorb 102 dans un tube de verre de 1/4 pouce de diamètre. Les dosages ont été réalisés à l'aide de la chromatographie en phase gazeuse avec détection à spectrométrie de masse et par chromatographie liquide sous pression. Les 29 HPA détectés étaient dosés à une sensibilité de 1 à 6 nanogrammes. La sensibilité a été la plus faible avec l'anthanthrène, à 44 nanogrammes.

[b]L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'un tube au charbon à raison de 100 mL/min et les dosages ont été réalisés par chromatographie en phase gazeuse à l'aide de la méthode normalisée P & CAM 127 du NIOSH. Trente à quarante nanogrammes peuvent être détectés dans un échantillon d'air de 20 litres.

[c]Des tubes de gel de silice ont été utilisés à un taux d'échantillonnage de 100 mL/min. Les dosages ont été faits par chromatographie en phase gazeuse à l'aide de la méthode P & CAM 168 du NIOSH. La sensibilité de la méthode variait de 0,05 ppm pour l'o-anisidine et la 2,4-diméthylaniline à 0,2 ppm pour la p-anisidine.

[d]Le signe inférieur (<) indique que le composé est présent mais à une concentration qui ne peut pas être mesurée précisément selon la sensibilité de la méthode d'analyse et la taille de l'échantillon. Lorsque le signe inférieur (<) figure à la place de l'écart, cela indique que la concentration de tous les échantillons était inférieure à la valeur indiquée.

[e]Ce total inclut 29 HPA:

Acénaphthalène
Acénaphthène
Acridine
Anthranthrène
Anthracène
Benz(a)anthracène
Benzo(a)fluorène
Benzo(b)fluorène
Benzo(g,h,i)pérylène
Benzo(a)pyrène
Benzo(e)pyrène
Carbazole
Chrysène/Triphénylène
Coronène
Dibenz(a,j)acridine
Dibenzanthracène
Dibenz(a,l)carbazole
Dibenzopyrène
Diméthylbenz(a)anthracène
Fluoranthène
Fluorène
Indeno(1,2,3-cd)pyrène
2-Methylnaphthalène
1-Methylnaphtalène
Naphthalène
Quinoline
Pérylène
Phénanthrène
Pyrène

Tableau 10. Contrôles pouvant être exigés dans une industrie de fabrication de combustibles synthétiques[129]

Contrôles chimiques	*Contrôles physiques*
Métaux traces	Bruit (bruit continu, bruit d'impact)
Mercure	Stress provenant de la chaleur et du froid
Cr(VI)	Température
Silice libre	Humidité
Particules totales et particules respirables - grosseur des particules et extrait de particules	*Contrôle médical*
Hydrocarbures aliphatiques (y compris le cyclohexane)	(Traité dans la section V)
Hydrocarbures aromatiques (HPA)	
Amines aromatiques (naphthylamine, analine, etc.)	
Benzène	
Phénol	
Pyridine	
Méthane	
Formaldéhyde	
Oxyde de carbone	
Cyanure d'hydrogène	
Ammoniaque	
Dioxide de soufre	
Sulfure d'hydrogène	
Mercaptans (RSH, etc.)	
Sulfure de carbonyle	
Disulfure de carbone	
Complexes métal-carbonyles	
Arsine	
Oxydes d'azote	
Dioxyde de carbone	
Fluides caloporteur (e.g. Dowtherm)	

Tableau 11. Résumé des résultats qualitatifs par GC/SM des échantillons d'air prélevés à l'usine de liquéfaction du charbon de la SBRG - Pourcentage du chromatogramme total

Composé	*Zone de préparation de la bouillie*		*Zone d'échantillonnage du produit*					*Zone de séparation*			
	1.5 L Faible volume	*3,150 L Extrait dans le XAD-2*	*1.0 L*[5] *Faible volume*	*1.5 L Faible volume*	*1.5 L*[2,3] *Faible volume*	*3.0 L*[2] *Faible volume*	*3,150 L Extrait dans le XAD-2*	*1.0 L*[6] *Faible volume*	*1.5 L Faible volume*	*1.5 L*[4] *Faible volume*	*3.0 L*[6] *Faible volume*
Numéro d'analyse	*4426*	*4586*	*4369*	*4424*	*4425*	*4382*	*4585*	*Q0336*	*4427*	*4428*	*4368*
Hydrocarbures aliphatiques et cycliques	11,6	4,1	24,6	16,0	5,5	1,9	5,8	3,5	65,9	11,7	0,6
Lien carbone - oxygène simple	0,7	–	0,14	3,3	–	–	–	9,8	3,3	4,0	–
Lien carbone - azote simple	–	0,5	–	–	–	–	–	–	2,4	0,5	–
Composés organiques halogénés	–	–	0,62	–	–	–	–	1,6	–	–	–
Hétérocycles	1,2	8,0	0,6	–	–	2,0	8,0	2,4	–	–	10,0
Composés de benzène substitués	13,5	5,2	23,7	16,1	13,5	26,8	4,5	28,4	13,7	29,3	27,7
Hydrocarbures polynucléaires aromatiques	62,0	79,0	40,7	37,7	46,6	51,9	81,1	2,0	1,6	13,3	9,2
Total	89	96	90,3	70	65,6	82,6	99	47,2	86,9	59,3	58,6

1. La surface des pics est exprimée en courant ionique, meV.
2. Colonne de GS utilisé: Superox, 50 mètres. Toutes les autres analyses ont été effectuées à l'aide d'une colonne DBI de 30 mètres.
3. Échantillon prélevé derrière le bouclier de lexan.
4. Échantillon prélevé durant l'enlèvement des résidus.
5. Échantillon prélevé au cours du chauffage avec de l'huile anthracénique dans l'unité.
6. Échantillon prélevé alors que le système de séparation ne fonctionnait pas.

Note: Les colonnes ne donnent pas un total de 100% car le bruit de fond et les pics représentant des contaminants ne sont pas inclus.

Tableau 12. Résultats de l'échantillonnage à *BC Research*

Contaminant	*Concentration maximale*		*Écart normal*		*Concentration admissible**			
					ACGIH	*C.-B.*	*ONT.*	
Composés polynucléaires aromatiques:								
Total	0,6	mg/m^3	<0,1	mg/m^3	0,2	0,2	0,15	mg/m^3
Individuel	9	$\mu g/m^3$	<0,1-1	$\mu g/m^3$	-	-	-	
Hydrocarbures:								
Benzène	1,6	pm	,01-0,09	ppm	10	10	10	ppm
Toluène	0,2	ppm	,01-0,03	ppm	100	100	100	ppm
Xylène	0,3	ppm	,01-0,03	ppm	100	100	100	ppm
p-Cymène	0,2	ppm	,01	ppm	-	-	-	
Cumène	<0,01	ppm	,01	ppm	50	50	50	ppm
Mésitylène	0,04	ppm	,01-0,01	ppm	25	25	25	ppm
Indène	0,05	ppm	,01-0,03	ppm	10	10	10	ppm
Tétraline	0,01	ppm	,01	ppm	-	-	–	
Biphényle	<0,01	ppm	,01	ppm	0,2	0,2	0,2	ppm
Composés aromatiques azotés:								
Aniline	0,09	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	10	19	8	mg/m^3
Diméthylaniline	<0,05	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	25	25	25	mg/m^3
p-Toluidine	<0,05	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	22	22	9	mg/m^3
Anisidines	<0,10	mg/m^3	<0,10	mg/m^3	0,5	0,5	0,5	mg/m^3
Pyridine	1,1	ppm	<0,01-0,04	ppm	5	5	5	mg/m^3
Amines polynucléaires aromatiques:								
Quinoline	0,06	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	-	-	-	
Indole	0,03	mg/m^3	<0,01	mg/m^3	-	-	-	
Aminobiphényle	0,05	mg/m^3	<0,01	mg/m^3	0	0	0	
Carbazole	0,04	mg/m^3	<0,01	mg/m^3	-	-	-	
Composés phénoliques:								
Phénol	<1	mg/m^3	<1	mg/m^3	19	19	19	mg/m^3
Crésols	<1	mg/m^3	<1	mg/m^3	22	22	22	mg/m^3
Naphthols	<1	mg/m^3	<1	mg/m^3	-	-	-	
Gaz renfermant du soufre:								
Sulfure d'hydrogène	6,2	ppm	<0,01	ppm	10	10	10	ppm
Methyl Mercaptan	0,7	ppm	<0,02	ppm	0,5	3	0,5	ppm
Dioxyde de soufre	<0,03	ppm	<0,03	ppm	2	5	2	ppm
Sulfure de méthyle	2,4	ppm	<0,03	ppm	-	-	-	

*ACGIH: Valeurs limites d'exposition de l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*. Concentrations admissibles pour une journée de 8 heures de la Commission des accidents de travail de la C.-B. Critères d'exposition pondérés en fonction du temps du ministère du Travail de l'Ontario.

Tableau 13. Résultats de l'échantillonnage au CANMET

Contaminant	*Concentration maximale*		*Écart normal*		*Concentration admissible**			
					ACGIH	*C.-B.*	*ONT.*	
Composés polynucléaires aromatiques:								
Totaux	0,1	mg/m^3	<0,1	mg/m^3	0,2	0,2	0,15	mg/m^3
Individuel	3	$\mu g/m^3$	<0,1-2	$\mu g/m^3$	-	-	-	
Hydrocarbures:								
Benzène	0,04	ppm	<0,01-0,02	ppm	10	10	10	ppm
Toluène	0,06	ppm	<0,01	ppm	100	100	100	ppm
Xylène	0,05	ppm	<0,01	ppm	100	100	100	ppm
p-Cymène	<0,01	ppm	<0,01	ppm	-	-	-	
Cumène	<0,01	ppm	<0,01	ppm	50	50	50	ppm
Mésitylène	0,03	ppm	<0,01	ppm	25	25	25	ppm
Indène	0,01	ppm	<0,01	ppm	10	10	10	ppm
Tétraline	<0,01	ppm	<0,01	ppm	-	-	-	
Biphényle	<0,01	ppm	<0,01	ppm	0,2	0,2	0,2	ppm
Composés aromatiques azotés:								
Aniline	0,06	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	10	19	8	mg/m^3
Diméthylaniline	<0,05	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	25	25	25	mg/m^3
p-Toluidine	<0,05	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	22	22	9	mg/m^3
Anisidines	<0,10	mg/m^3	<0,10	mg/m^3	0,5	0,5	0,5	mg/m^3
Pyridine	1,04	ppm	<0,01-0,03	ppm	5	5	5	mg/m^3
Amines polynucléaires aromatiques:								
Quinoline	<0,05	mg/m^3	<0,05	mg/m^3	-	-	-	
Indole	<0,01	mg/m^3	<0,01	mg/m^3	-	-	-	
Aminobiphényle	0,02	mg/m^3	<0,01-0,01	mg/m^3	0	0	0	
Carbazole	<0,01	mg/m^3	<0,01	mg/m^3	-	-	-	
Composés phénoliques:								
Phénol	<1	mg/m^3	<1	mg/m^3	19	19	19	mg/m^3
Crésols	<1	mg/m^3	<1	mg/m^3	22	22	22	mg/m^3
Naphthols	<1	mg/m^3	<1	mg/m^3	-	-	-	

*ACGIH: Valeurs limites d'exposition de l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*. Concentrations admissibles pour une journée de 8 heures de la Commission des accidents du travail de la C.-B. Critères d'exposition pondérés en fonction du temps du ministère du Travail de l'Ontario.

Tableau 14. Composition des gros échantillons

Hydrocarbures	*Composés présents dans la bouillie de charbon*	*Mélange de naphte et d'eau*	*Produit huileux léger*	*Produit de centrifugation chaud*
naphtalène	0,71	<0,01	2,16	0,77
acénaphthène	0,39	<0,01	1,13	1,18
bibenzyle	0,33	<0,01	1,13	1,26
dibenzothiophène	0,56	<0,02	0,65	1,21
phénanthrène	8,18	<0,01	2,71	7,21
anthracène	2,53	<0,01	0,35	0,36
carbazole	1,16	<0,01	0,56	1,11
fluoranthène	0,76	<0,01	0,15	0,83
pyrène	5,10	<0,01	0,98	4,02
1,2-benzanthracène	1,55	<0,01	0,12	0,53
chrysène	1,42	<0,01	0,26	1,04
benzanthrone	0,10	<0,01	0,06	0,17
benzo(e)pyrène	0,50	<0,01	0,07	0,31
benzo(a)pyrène	0,70	<0,01	0,07	0,29
pérylène	0,26	<0,01	0,03	0,12
1,12-benzopérylène	0,13	<0,01	0,02	0,09

NOTES: Les résultats sont en pourcentage du poids
Les échantillons ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire
Les HPA n'ont pas tous été identifiés

Tableau 15. Composition chimique des PLC (154 - 378°C)

Composé	*mg/g de liquide de charbon*	*Composé*	*mg/g*
n-Octane	0,7	Naphthalène	33
n-Décane	4,3	Tétraline	17
1-Décène	0,4	1-Méthylnaphthalène	19
n-Dodécane	5,1	2-Méthylnaphthalène	31
n-Tridécane	2,4	Acénaphthylène	0,5
n-Tétradécane	15	Biphénylène	0,3
n-Pentadécane	6,6	Acénaphthène	70
n-Hexadécane	8,8	Biphényle	10
n-Octadécane	9,0	Diméthylnaphthalène(1,2-2,7)	2,7
n-Eicosane	4,7	1,3-Diméthylnaphthalène	23
n-Butylcyclohexane	0,3	Diméthylnaphthalène(1,4-2,3)	7,2
		Diméthylnaphthalène(1,5-2,6)	7,9
Composés aliphatiques totaux	58	1-Ethylnaphthalène	3,2
		2-Ethylnaphthalène	6,8
Éthylbenzène	2,2	Fluorène	92
1,3/1,4-Diméthylbenzène	1,7	3-Méthylbiphényle	5,6
1,2-Diméthylbenzène	0,9	4-Méthylbiphényle	2,7
1,3,5-Triméthylbenzène	0,9	Dibenzofurane	20
Isopropylbenzène	0,3	Xanthène	0,5
2-Ethyltoluène	0,5	Phénanthrène	257
n-Propylbenzène	0,8	9,10-Dihydrophénanthrène	35
4-Isopropyltoluène	0,3	Durène	1,1
n-Butylbenzène	0,9	9,10-Dihyroanthracène	10,6
sec-Pentylbenzène	0,1	1-Méthylfluorène	1,5
		1-Méthylphénanthrène	16
Composés benzéniques totaux	8,6	Fluoranthène	84
		Pyrène	48
Phénol	0,5	1-Phenylnaphthalène	3,3
2-Méthylphénol	0,2	1,2,3,6,7,8-Hexahydropyrène	1,1
Hydroquinone	0,5	2-Méthylanthracène	53
		1,2,3,4,5,6,7,8-OctahydroAnthracène	0,7
Phénols totaux	1,2	Dibenzothiophène	4,1
		1,2-Benzofluorène	8,5
		Chrysène	2,6
		Benz(a)anthracène	7,1
		Hydrocarbures polynucléaires aromatiques totaux	898
		Composés totaux identifiés	965

Tableau 16. Comparaison* des programmes d'hygiène industrielle pour les usines pilotes de liquéfaction du charbon

	Examens médicaux		*Vêtements de travail*				
Usine	*Sous-contractants*	*Employés de la compagnie*	*Sous-contractants*	*Employés de la compagnie*	*Douches*	*Affectation des femmes aux travaux*	*Programmes de surveillance de l'hygiène industrielle*
A	Examen annuel requis pour le personnel qui travaille dans les zones réglementées plus de 30 jours par année	Examen annuel requis pour le personnel qui travaille dans les zones réglementées plus de 30 jours par année	Vêtements extérieurs fournis	Vêtements extérieurs et sous-vêtements fournis	Obligatoire	Restrictions à l'embauche	Programme interne
B	Comme ci-haut sauf que la période est de 90 jours	Comme ci-haut	Vêtements extérieurs et sous-vêtements fournis	Comme ci-haut	Obligatoire	Pas de restriction	Programme interne
C	Examens pour tout le personnel permanent qui travaille dans les zones réglementées		Vêtements extérieurs fournis; les sous-vêtements étaient fournis au début mais plus maintenant		Obligatoire	Pas de restriction	Services extérieurs
D	Comme ci-haut		Vêtements extérieurs fournis		Obligatoire	Restrictions à l'embauche	Services extérieurs
E	Comme ci-haut à l'usine B	Examen annuel requis pour tout le personnel de la compagnie	Vêtements extérieurs fournis		Fortement recommandé	Pas de restrictions à l'embauche; certaines restrictions sur les méthodes de travail non reliées à des produits chimiques	Programme interne

*Les programmes des usines pilotes de liquéfaction du charbon sont des programmes dynamiques; les programmes ci-dessus peuvent donc être modifiés.

Tableau 17. Détection de certaines substances chimiques dans les liquides de l'organisme et valeurs biologiques[173]

Composé chimique	*Paramètres biologiques*	*Substances biologiques*	*Valeurs normales*	*Valeur maximale admissible provisoire*
Benzène	phénol	urine	<20 mg/g de créatinine	45,0 mg/g de créatinine
	benzène	sang		
	benzène	air expiré	<0,006 ppm	
Toluène	acide hippurique	urine	<1,5 mg/g de créatinine	2,5 mg/g de créatinine
	o-crésol	urine	<0,3 mg/g de créatinine	1,0 mg/g de créatinine
	toluène	sang		0,1 mg/100 mL au cours de l'exposition
	toluène	air expiré		20,0 ppm au cours de l'exposition
Phénol	phénol	urine	<20 mg/g de créatinine	300,0 mg/g de créatinine
	phénol	salive		
Plusieurs composés aromatiques aminés et nitrés	méthémoglobine	sang	<2,0%	5,0%
	métabolites diazo-positifs	urine	<10 mg/g de créatinine	
	composés parent (par ex. benzidine b-naphthylamine)	urine		
Analine	p-aminophénol	urine		10,0 mg/g de créatinine
Nitrobenzène	p-aminophénol	urine		5,0 mg/g de créatinine
Méthanol	méthanol	urine	<2,5 mg/g de créatinine	7,0 mg/g de créatinine
	acide formique	urine		

Tableau 18. Fréquence proposée pour les examens médicaux et les interventions spéciales qui s'adressent à des travailleurs en bonne santé

Antécédents personnels et familiaux	Tous les 2 ans
Examens médicaux	Tous les 2 ans
Évaluation provisoire de la santé	Années intermédiaires
Radiographie pulmonaire	Tous les 4 ans
Électrocardiogramme	Tous les 10 ans jusqu'à l'âge de 59 ans et tous les 5 ans par la suite
Fonction pulmonaire	Tous les 2 à 4 ans
Audiogramme	Tous les 2 ans
Examen de l'urine	Annuellement
Examen du sang	Annuellement
Chimie sanguine	Annuellement
Examen de la peau	Tous les 6 mois

Tableau 19. Renseignements sur l'identité des employés disponibles dans les établissements de liquéfaction du charbon comparés avec les renseignements que l'on peut obtenir d'autres sources

	NS-RFC	*CAN MET*	*FRO*	*SB-RG*	*ARC*	*BCR*	*RND*	*RSN CCC*	*CERT DÉCÈS*	*BDM*	*TLC* PROP*
Nom de famille**	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ancien nom de famille (le cas échéant)											X
Premier prénom	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deuxième prénom et autres	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nom usuel ou surnom											X
Sexe	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Date de naissance (année, mois, jour)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Province ou pays de naissance				X			X	X	X	X	X
Ville ou lieu de naissance											X
Nom de famille du père										X	X
Premier prénom du père							X			I	
Deuxième prénom du père										I	
Prov./pays de naissance du père											
Ville ou lieu de naissance du père											
Date de naissance du père (ou âge)											
Nom de fille de la mère							X		X	X	X
Premier prénom de la mère										I	
Deuxième prénom de la mère										I	
Prov./pays de naissance de la mère										X	
Ville ou lieu de naissance de la mère											
Date de naissance de la mère (ou âge)											
Etat civil	X	X			X			X		X	X
Nom de famille du conjoint à la naissance							X		X		
Premier prénom du conjoint										I	
Deuxième prénom du conjoint										I	
Prov./pays de naissance du conjoint											
Ville ou lieu de naissance du conjoint											
Numéro d'assurance sociale	X	X	X	X	X	X	X	X		X+	X
Numéro d'assurance maladie				X	X			X			X
Lieu de résidence	X	X	X	X	X	X		X		X	X

* = Renseignements proposés pour les travailleurs de la liquéfaction du charbon
** = Renseignements proposés pour les études génétiques
I = Initiale
\+ = Si disponible

Tableau 20. Nombre de colonnes affectées aux données d'identification

	RPB	*BUR. D'ENREG. DES DÉCÈS*	*INDEX DES NAS**	*BDM***	*BEINC***	*PROPOSÉ*
Nom de famille	12	17	20	10	21	20
Ancien nom de famille le cas échéant	12		20		10	20
Premier prénom	9	9	13	9	16	9
Deuxième ou autres prénoms	7	7	12	7		7
Nom usuel ou surnom						7
Sexe	1				1	1
Date de naissance	6	5	7	7	8	8
Province ou pays de naissance	2	2		2		2
Ville ou endroit de naissance					4	5
Nom de famille du père				10		12
Prénoms du père	9			2***		
Nom de famille de la mère	12	10	20	10		20

* = Référence 4
** = Référence 6
*** = Initiales